

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日            2 0 0 3 年   2 月 2 8 日  
Date of Application:

出 願 番 号            特 願 2 0 0 3 - 0 5 5 0 2 0  
Application Number:    ツ  
[ST. 10/C]:            [ J P 2 0 0 3 - 0 5 5 0 2 0 ]

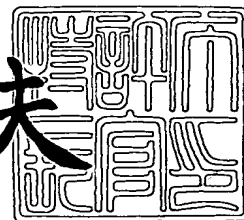
出   願   人            セイコーエプソン株式会社  
Applicant(s):



2 0 0 3 年 1 1 月 2 1 日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今 井 康 夫



出証番号   出証特 2 0 0 3 - 3 0 9 6 4 7 9

【書類名】 特許願

【整理番号】 15P069

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 B41J 2/01

【発明者】

【住所又は居所】 長野県諏訪市大和 3 丁目 3 番 5 号 セイコーエプソン株式会社内

【氏名】 新川 修

【発明者】

【住所又は居所】 長野県諏訪市大和 3 丁目 3 番 5 号 セイコーエプソン株式会社内

【氏名】 坂上 裕介

【特許出願人】

【識別番号】 000002369

【氏名又は名称】 セイコーエプソン株式会社

【代理人】

【識別番号】 100091292

【弁理士】

【氏名又は名称】 増田 達哉

【電話番号】 3595-3251

【選任した代理人】

【識別番号】 100091627

【弁理士】

【氏名又は名称】 朝比 一夫

【電話番号】 3595-3251

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 007593

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0015134

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 液滴吐出装置、及び、液滴吐出ヘッドの吐出異常検出・判定方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 振動板と、前記振動板を変位させるアクチュエータと、内部に液体が充填され、前記振動板の変位により、該内部の圧力が増減されるキャビティと、前記キャビティに連通し、前記キャビティ内の圧力の増減により前記液体を液滴として吐出するノズルとを有する液滴吐出ヘッドと、

前記アクチュエータを駆動する駆動回路と、

前記駆動回路によって前記アクチュエータが駆動された後、前記アクチュエータにより変位された前記振動板の残留振動を検出する残留振動検出手段を有し、前記残留振動検出手段によって検出された前記振動板の残留振動の振動パターンに基づいて、前記液滴の吐出の異常を検出する吐出異常検出手段と、

を備えることを特徴とする液滴吐出装置。

【請求項 2】 前記吐出異常検出手段は、前記振動板の残留振動の振動パターンに基づいて、前記液滴吐出ヘッドの液滴の吐出異常の有無を判定する判定手段を含む請求項 1 に記載の液滴吐出装置。

【請求項 3】 前記判定手段は、前記液滴吐出ヘッドの液滴の吐出異常があると判定した際、その吐出異常の原因を判定する請求項 2 に記載の液滴吐出装置。

【請求項 4】 前記振動板の残留振動の振動パターンは、前記残留振動の周期を含む請求項 3 に記載の液滴吐出装置。

【請求項 5】 前記判定手段は、前記振動板の残留振動の周期が所定の範囲の周期よりも短いときには、前記キャビティ内に気泡が混入したものと判定する請求項 4 に記載の液滴吐出装置。

【請求項 6】 前記判定手段は、前記振動板の残留振動の周期が所定の閾値よりも長いときには、前記ノズル付近の液体が乾燥により増粘したものと判定する請求項 4 に記載の液滴吐出装置。

【請求項 7】 前記判定手段は、前記振動板の残留振動の周期が所定の範囲

の周期よりも長く、所定の閾値よりも短いときには、前記ノズルの出口付近に紙粉が付着したものと判定する請求項 4 に記載の液滴吐出装置。

【請求項 8】 前記判定手段によって判定された判定結果を記憶する記憶手段を更に備える請求項 2 乃至 7 のいずれかに記載の液滴吐出装置。

【請求項 9】 前記アクチュエータの駆動による前記液滴の吐出動作後、前記アクチュエータを前記駆動回路から前記吐出異常検出手段に切り替える切替手段を更に備える請求項 1 乃至 8 のいずれかに記載の液滴吐出装置。

【請求項 10】 前記残留振動検出手段は、発振回路を備え、前記振動板の残留振動によって変化する前記アクチュエータの静電容量成分に基づいて、該発振回路が発振する請求項 1 乃至 9 のいずれかに記載の液滴吐出装置。

【請求項 11】 前記発振回路は、前記アクチュエータの静電容量成分と、前記アクチュエータに接続される抵抗素子の抵抗成分とによる CR 発振回路を構成する請求項 10 に記載の液滴吐出装置。

【請求項 12】 前記発振回路の発振周波数は、前記振動板の残留振動の振動周波数よりもおよそ 1 桁以上高い周波数になるよう構成される請求項 10 又は 11 に記載の液滴吐出装置。

【請求項 13】 前記残留振動検出手段は、前記発振回路の出力信号における発振周波数の変化に基づいて生成される所定の信号群により、前記振動板の残留振動の電圧波形を生成する F/V 変換回路を含む請求項 10 乃至 12 のいずれかに記載の液滴吐出装置。

【請求項 14】 前記残留振動検出手段は、前記 F/V 変換回路によって生成された前記振動板の残留振動の電圧波形を所定の波形に整形する波形整形回路を含む請求項 13 に記載の液滴吐出装置。

【請求項 15】 前記波形整形回路は、前記 F/V 変換回路によって生成された前記振動板の残留振動の電圧波形から直流成分を除去する DC 成分除去手段と、この DC 成分除去手段によって直流成分を除去された電圧波形と所定の電圧値とを比較する比較器とを含み、該比較器は、該電圧比較に基づいて、矩形波を生成して出力する請求項 14 に記載の液滴吐出装置。

【請求項 16】 前記吐出異常検出手段は、前記残留振動検出手段によって

生成された前記矩形波から前記振動板の残留振動の周期を計測する計測手段を含む請求項 1 5 に記載の液滴吐出装置。

【請求項 1 7】 前記計測手段は、カウンタを有し、該カウンタが基準信号のパルスをカウントすることによって、前記矩形波の立ち上がりエッジ間あるいは立ち上がりエッジと立ち下がりエッジの間の時間を計測する請求項 1 6 に記載の液滴吐出装置。

【請求項 1 8】 前記アクチュエータは、静電式アクチュエータである請求項 1 乃至 1 7 のいずれかに記載の液滴吐出装置。

【請求項 1 9】 前記アクチュエータは、圧電素子のピエゾ効果を利用した圧電アクチュエータである請求項 1 乃至 1 7 のいずれかに記載の液滴吐出装置。

【請求項 2 0】 前記液滴吐出装置は、インクジェットプリンタを含む請求項 1 乃至 1 9 のいずれかに記載の液滴吐出装置。

【請求項 2 1】 アクチュエータを駆動して振動板を振動することにより、キャビティ内の液体を液滴としてノズルから吐出する動作を行った後、前記振動板の残留振動を検出し、検出された前記振動板の残留振動の振動パターンに基づいて、前記液滴の吐出の異常を検出することを特徴とする液滴吐出ヘッドの吐出異常検出・判定方法。

【請求項 2 2】 前記振動板の残留振動の振動パターンに基づいて、前記液滴吐出ヘッドの液滴の吐出異常の有無を判定する請求項 2 1 に記載の液滴吐出ヘッドの吐出異常検出・判定方法。

【請求項 2 3】 前記液滴吐出ヘッドの液滴の吐出異常があると判定された際、その吐出異常の原因を判定する請求項 2 2 に記載の液滴吐出ヘッドの吐出異常検出・判定方法。

【請求項 2 4】 前記残留振動の振動パターンは残留振動の周期であり、この検出された残留振動の周期が所定の範囲の周期よりも短いときには、前記吐出異常の原因として前記液滴吐出ヘッドのキャビティ内に気泡が混入したものと判定する請求項 2 3 に記載の液滴吐出ヘッドの吐出異常検出・判定方法。

【請求項 2 5】 前記残留振動の振動パターンは残留振動の周期であり、この検出された残留振動の周期が所定の閾値よりも長いときには、前記吐出異常の

原因として前記液滴吐出ヘッドのノズル付近の液体が乾燥により増粘したものと判定する請求項 23 に記載の液滴吐出ヘッドの吐出異常検出・判定方法。

【請求項 26】 前記残留振動の振動パターンは残留振動の周期であり、この検出された残留振動の周期が所定の範囲の周期よりも長く、所定の閾値よりも短いときには、前記吐出異常の原因として前記液滴吐出ヘッドのノズルの出口付近に紙粉が付着したものと判定する請求項 23 に記載の液滴吐出ヘッドの吐出異常検出・判定方法。

【請求項 27】 前記判定において判定された判定結果を記憶部に記憶する請求項 22 乃至 26 のいずれかに記載の液滴吐出ヘッドの吐出異常検出・判定方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、液滴吐出装置、及び、液滴吐出ヘッドの吐出異常検出・判定方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

液滴吐出装置の一つであるインクジェットプリンタは、複数のノズルからインク滴（液滴）を吐出して所定の用紙上に画像形成を行っている。インクジェットプリンタの印刷ヘッド（インクジェットヘッド）には、多数のノズルが設けられているが、インクの粘度の増加や、気泡の混入、塵や紙粉の付着等の原因によって、いくつかのノズルが目詰まりしてインク滴を吐出できない場合がある。ノズルが目詰まりするとプリントされた画像内にドット抜けが生じ、画質を劣化させる原因となっている。

【0003】

従来、このようなインク滴の吐出異常（以下、「ドット抜け」ともいう）を検出する方法として、インクジェットヘッドのノズルからインク滴が吐出されない状態（インク滴吐出異常状態）をインクジェットヘッドのノズル毎に光学的に検出する方法が考案されている（例えば、特許文献 1 など）。この方法により、ド

ット抜け（吐出異常）を発生しているノズルを特定することが可能となっている。

#### 【0004】

しかしながら、上述の光学式のドット抜け（液滴吐出異常）検出方法では、光源及び光学センサを含む検出器が液滴吐出装置（例えば、インクジェットプリンタ）に取付けられている。この検出方法では、一般に、液滴吐出ヘッド（インクジェットヘッド）のノズルから吐出する液滴が光源と光学センサの間を通過し、光源と光学センサの間の光を遮断するように、光源及び光学センサを精密な精度で（高精度に）設定（設置）しなければならないという問題がある。また、このような検出器は通常高価であり、インクジェットプリンタの製造コストが増大してしまうという問題もある。さらに、ノズルからのインクミストや印刷用紙等の紙粉によって、光源の出力部や光学センサの検出部が汚れてしまい、検出器の信頼性が問題となる可能性もある。

#### 【0005】

また、上述の光学式のドット抜け検出方法では、ノズルのドット抜け、すなわち、インク滴の吐出異常（不吐出）を検出することはできるが、その検出結果に基づいてドット抜け（吐出異常）の原因を特定（判定）することができず、ドット抜けの原因に対応する適切な回復処理を選択し、実行することが不可能であるという問題もある。そのため、例えば、ワイピング処理で回復可能な状態であるにもかかわらず、インクジェットヘッドからインクをポンプ吸引などすることにより、排インク（無駄なインク）が増加することや、適切な回復処理が行われないうために複数の回復処理を実施することによって、インクジェットプリンタ（液滴吐出装置）のスループットを低下あるいは悪化させてしまう。

#### 【0006】

##### 【特許文献1】

特開平8-309963号公報

#### 【0007】

##### 【発明が解決しようとする課題】

本発明の目的は、液滴吐出動作後におけるアクチュエータの振動板の静電容量

の変化により、振動板の残留振動の周期を測定し、それによって、液滴吐出ヘッドの吐出異常を検出するとともに、その吐出異常の原因を判定することができる液滴吐出装置、及び、液滴吐出ヘッドの吐出異常検出・判定方法を提供することにある。

#### 【0008】

##### 【課題を解決するための手段】

上記課題を解決するために、本発明の一態様において、本発明の液滴吐出装置は、

振動板と、前記振動板を変位させるアクチュエータと、内部に液体が充填され、前記振動板の変位により、該内部の圧力が増減されるキャビティと、前記キャビティに連通し、前記キャビティ内の圧力の増減により前記液体を液滴として吐出するノズルとを有する液滴吐出ヘッドと、

前記アクチュエータを駆動する駆動回路と、

前記駆動回路によって前記アクチュエータが駆動された後、前記アクチュエータにより変位された前記振動板の残留振動を検出する残留振動検出手段を有し、前記残留振動検出手段によって検出された前記振動板の残留振動の振動パターンに基づいて、前記液滴の吐出の異常を検出する吐出異常検出手段と、

を備えることを特徴とする。

本発明の液滴吐出装置によれば、アクチュエータの駆動により、液体を液滴として吐出する動作を行った際に、アクチュエータによって変位させられた振動板の残留振動を検出し、その振動板の残留振動の振動パターンに基づいて、液滴が正常に吐出されたか、あるいは吐出されなかったか（吐出異常）を検出する。

#### 【0009】

本発明の液滴吐出装置によって、従来のドット抜け検出方法を備える液滴吐出装置に比べ、他の部品（例えば、光学式検出装置など）を必要としないので、液滴吐出ヘッドのサイズを大きくすることなく液滴の吐出異常を検出することができるとともに、製造コストを低く抑えることができる。また、本発明の液滴吐出ヘッドでは、液滴吐出動作後の振動板の残留振動を用いて液滴の吐出異常を検出しているので、印字動作の途中でも液滴の吐出異常を検出することができる。

ここで、前記振動板の残留振動とは、前記アクチュエータが前記駆動回路の駆動信号（電圧信号）により液滴吐出動作を行った後、次の駆動信号が入力されて再び液滴吐出動作を実行するまでの間に、この液滴吐出動作により前記振動板が減衰しながら振動を続けている状態をいう。

#### 【 0 0 1 0 】

また、好ましくは、前記吐出異常検出手段は、前記振動板の残留振動の振動パターンに基づいて、前記液滴吐出ヘッドの液滴の吐出異常の有無を判定する判定手段を含む。そして、好ましくは、前記判定手段は、前記液滴吐出ヘッドの液滴の吐出異常があると判定した際、その吐出異常の原因を判定する。ここで、前記振動板の残留振動の振動パターンは、前記残留振動の周期含んでもよい。これにより、光学式検出装置など従来のドット抜け検出を行うことができる装置では、判定不可能である液滴の吐出異常の原因を判定することができ、それによって、必要に応じ、その原因に対し適切な回復処理を選択し、実行することができる。

#### 【 0 0 1 1 】

ここで、好ましくは、前記判定手段は、前記振動板の残留振動の周期が所定の範囲の周期よりも短いときには、前記キャビティ内に気泡が混入したものと判定し、前記振動板の残留振動の周期が所定の閾値よりも長いときには、前記ノズル付近の液滴が乾燥により増粘したものと判定する。また、好ましくは、前記判定手段は、前記振動板の残留振動の周期が前記所定の範囲の周期よりも長く、所定の閾値よりも短いときには、前記ノズルの出口付近に紙粉が付着したものと判定する。なお、本発明において、「紙粉」とは、単に記録用紙などから発生した紙粉のみに限らず、例えば、紙送りローラ（給紙ローラ）などのゴムの切れ端や、空気中に浮遊するごみなどを含むノズル付近に付着して液滴吐出の妨げとなるすべてのものをいう。

なお、本発明の液滴吐出装置は、前記判定手段によって判定された判定結果を記憶する記憶手段をさらに備えてもよい。これにより、記憶された判定結果に基づいて、例えば、印字動作の終了後など適切なきに適切な回復処理を実行することができる。

#### 【 0 0 1 2 】

また、本発明の液滴吐出装置は、好ましくは、前記アクチュエータの駆動による前記液滴の吐出動作後、前記アクチュエータを前記駆動回路から前記残留振動検出手段に切り替える切替手段をさらに備えている。このように、アクチュエータの駆動後に、駆動回路からアクチュエータを切り離して、振動板の残留振動を検出しているので、駆動回路から発生し得るノイズなどの影響を受けることなく、液滴の吐出異常を検出することができる。

#### 【0013】

また、好ましくは、前記残留振動検出手段は、発振回路を備え、前記振動板の残留振動によって変化する前記アクチュエータの静電容量成分に基づいて、該発振回路が発振する。そして、前記発振回路は、前記アクチュエータの静電容量成分と、前記アクチュエータに接続される抵抗素子の抵抗成分とによるCR発振回路を構成してもよい。このように、本発明の液滴吐出装置は、振動板の残留振動波形（残留振動の電圧波形）をアクチュエータの静電容量成分の時系列的な微小変化（発振周期の変化）として検出しているので、アクチュエータに圧電素子を用いた場合には、その起電圧の大小に依存することなく、振動板の残留振動波形を正確に検出することができる。

#### 【0014】

ここで、好ましくは、前記発振回路の発振周波数は、前記振動板の残留振動の振動周波数よりもおよそ1桁以上高い周波数になるよう構成される。このように、発振回路の発振周波数を、振動板の残留振動の振動周波数の数十倍程度の周波数に設定することによって、この振動板の残留振動をより正確に検出することができ、それによって、液滴の吐出異常をより正確に検出することができる。

#### 【0015】

また、好ましくは、前記残留振動検出手段は、前記発振回路の出力信号における発振周波数の変化に基づいて生成される所定の信号群により、前記振動板の残留振動の電圧波形を生成するF/V変換回路を含む。このように、F/V変換回路を用いて電圧波形を生成することにより、アクチュエータの駆動に影響を与えずに、残留振動波形を検出する際、その検出感度を大きく設定することができる。

## 【0016】

さらに、好ましくは、前記残留振動検出手段は、前記F/V変換回路によって生成された前記振動板の残留振動の電圧波形を所定の波形に整形する波形整形回路を含む。そして、好ましくは、この波形整形回路は、前記F/V変換回路によって生成された前記振動板の残留振動の電圧波形から直流成分を除去するDC成分除去手段と、このDC成分除去手段によって直流成分を除去された電圧波形と所定の電圧値とを比較する比較器とを含み、該比較器は、該電圧比較に基づいて、矩形波を生成して出力する。

## 【0017】

また、好ましくは、前記吐出異常検出手段は、前記残留振動検出手段によって生成された前記矩形波から前記振動板の残留振動の周期を計測する計測手段を含む。さらに、前記計測手段は、カウンタを有し、該カウンタが基準信号のパルスをカウントすることによって、前記矩形波の立ち上がりエッジ間あるいは立ち上がりエッジと立ち下がりエッジの間の時間を計測してもよい。このようにカウンタを用いて矩形波の周期を計測することにより、振動板の残留振動の周期をより簡単に、そしてより正確に検出することができる。

## 【0018】

なお、前記アクチュエータは、静電式アクチュエータであってもよく、圧電素子のピエゾ効果を利用した圧電アクチュエータであってもよい。本発明の液滴吐出装置は、上記のようなコンデンサからなる静電アクチュエータのみならず、圧電アクチュエータも用いることができるので、既存のほとんどの液滴吐出装置に本発明を適用することができる。また、好ましくは、本発明の液滴吐出装置は、インクジェットプリンタを含む。

## 【0019】

また、本発明の別の態様において、本発明の液滴吐出ヘッドの吐出異常検出・判定方法は、アクチュエータを駆動して振動板を振動することにより、キャビティ内の液体を液滴としてノズルから吐出する動作を行った後、前記振動板の残留振動を検出し、検出された前記振動板の残留振動の振動パターンに基づいて、前記液滴の吐出の異常を検出することを特徴とする。そして、好ましくは、前記振

動板の残留振動の振動パターンに基づいて、前記液滴吐出ヘッドの液滴の吐出異常の有無を判定し、前記液滴吐出ヘッドの液滴の吐出異常があると判定された際、その吐出異常の原因を判定する。これにより、上記液滴吐出ヘッドにおける効果と同様の効果を得ることができる。

#### 【0020】

ここで、好ましくは、前記残留振動の振動パターンは残留振動の周期であり、この検出された残留振動の周期が所定の範囲の周期よりも短いときには、前記吐出異常の原因として前記液滴吐出ヘッドのキャビティ内に気泡が混入したものと判定してもよく、この検出された残留振動の周期が所定の閾値よりも長いときには、前記吐出異常の原因として前記液滴吐出ヘッドのノズル付近の液体が乾燥により増粘したものと判定してもよく、さらに、この検出された残留振動の周期が前記所定の範囲の周期よりも長く、所定の閾値よりも短いときには、前記吐出異常の原因として前記液滴吐出ヘッドのノズルの出口付近に紙粉が付着したものと判定してもよい。なお、好ましくは、前記判定において判定された判定結果が記憶部に記憶される。

#### 【0021】

##### 【発明の実施の形態】

以下、図1～図30を参照して本発明の液滴吐出装置、及び、液滴吐出ヘッドの吐出異常検出・判定方法の好適な実施形態を詳細に説明する。なお、この実施形態は例示として挙げるものであり、これにより本発明の内容を限定的に解釈すべきではない。なお、以下、本実施形態では、本発明の液滴吐出装置の一例として、インク（液状材料）を吐出して記録用紙に画像をプリントするインクジェットプリンタを用いて説明する。

#### 【0022】

##### <第1実施形態>

図1は、本発明の第1実施形態における液滴吐出装置の一種であるインクジェットプリンタ1の構成を示す概略図である。なお、以下の説明では、図1中、上側を「上部」、下側を「下部」という。まず、このインクジェットプリンタ1の構成について説明する。

図 1 に示すインクジェットプリンタ 1 は、装置本体 2 を備えており、上部後方に記録用紙 P を設置するトレイ 21 と、下部前方に記録用紙 P を排出する排紙口 22 と、上部面に操作パネル 7 とが設けられている。

#### 【0023】

操作パネル 7 は、例えば、液晶ディスプレイ、有機 EL ディスプレイ、LED ランプ等で構成され、エラーメッセージ等を表示する表示部（図示せず）と、各種スイッチ等で構成される操作部（図示せず）とを備えている。

また、装置本体 2 の内部には、主に、往復動する印字手段（移動体）3 を備える印刷装置（印刷手段）4 と、記録用紙 P を 1 枚ずつ印刷装置 4 に送り込む給紙装置（給紙手段）5 と、印刷装置 4 及び給紙装置 5 を制御する制御部（制御手段）6 とを有している。

#### 【0024】

制御部 6 の制御により、給紙装置 5 は、記録用紙 P を一枚ずつ間欠送りする。この記録用紙 P は、印字手段 3 の下部近傍を通過する。このとき、印字手段 3 が記録用紙 P の送り方向とほぼ直交する方向に往復移動して、記録用紙 P への印刷が行なわれる。すなわち、印字手段 3 の往復動と記録用紙 P の間欠送りとが、印刷における主走査及び副走査となって、インクジェット方式の印刷が行なわれる。

#### 【0025】

印刷装置 4 は、印字手段 3 と、印字手段 3 を主走査方向に移動させる駆動源となるキャリッジモータ 41 と、キャリッジモータ 41 の回転を受けて、印字手段 3 を往復動させる往復動機構 42 とを備えている。

印字手段 3 は、その下部に、多数のノズル 110 を備えるインクの種類に対応した複数のヘッドユニット 35 と、各ヘッドユニット 35 にインクを供給する複数のインクカートリッジ（I/C）31 と、各ヘッドユニット 35 及びインクカートリッジ 31 を搭載したキャリッジ 32 とを有している。

#### 【0026】

また、ヘッドユニット 35 は、図 3 において後述するように、それぞれ一つの、ノズル 110 と、振動板 121 と、静電アクチュエータ 120 と、キャビティ 1

41と、インク供給口142等で構成されたインクジェット式記録ヘッド（インクジェットヘッドあるいは液滴吐出ヘッド）100を多数備えている。なお、ヘッドユニット35は、図1ではインクカートリッジ31を含んだ構成を示しているが、このような構成に限定されない。例えば、インクカートリッジ31を別に固定し、チューブなどによってヘッドユニット35に供給されるようなものでもよい。したがって、以下において、印字手段3とは別に、それぞれ一つの、ノズル110と、振動板121と、静電アクチュエータ120と、キャビティ141と、インク供給口142等で構成されたインクジェットヘッド100を複数設けたものをヘッドユニット35と称するものとする。

#### 【0027】

なお、インクカートリッジ31として、イエロー、シアン、マゼンタ、ブラック（黒）の4色のインクを充填したものをを用いることにより、フルカラー印刷が可能となる。この場合、印字手段3には、各色にそれぞれ対応したヘッドユニット35が設けられることになる。ここで、図1では、4色のインクに対応した4つのインクカートリッジ31を示しているが、印字手段3は、その他の色、例えば、ライトシアン、ライトマゼンダ、ダークイエローなどのインクカートリッジ31をさらに備えるように構成されてもよい。

#### 【0028】

往復動機構42は、その両端をフレーム（図示せず）に支持されたキャリッジガイド軸422と、キャリッジガイド軸422と平行に延在するタイミングベルト421とを有している。

キャリッジ32は、往復動機構42のキャリッジガイド軸422に往復動自在に支持されるとともに、タイミングベルト421の一部に固定されている。

#### 【0029】

キャリッジモータ41の作動により、プーリを介してタイミングベルト421を正逆走行させると、キャリッジガイド軸422に案内されて、印字手段3が往復動する。そして、この往復動の際に、印刷されるイメージデータ（印刷データ）に対応して、ヘッドユニット35内の複数のインクジェットヘッド100のノズル110から適宜インクが吐出され、記録用紙Pへの印刷が行われる。

**【 0 0 3 0 】**

給紙装置 5 は、その駆動源となる給紙モータ 5 1 と、給紙モータ 5 1 の作動により回転する給紙ローラ 5 2 とを有している。

給紙ローラ 5 2 は、記録用紙 P の送り経路（記録用紙 P）を挟んで上下に対向する従動ローラ 5 2 a と駆動ローラ 5 2 b とで構成され、駆動ローラ 5 2 b は給紙モータ 5 1 に連結されている。これにより、給紙ローラ 5 2 は、トレイ 2 1 に設置した多数枚の記録用紙 P を、印刷装置 4 に向かって 1 枚ずつ送り込めるようになっている。なお、トレイ 2 1 に代えて、記録用紙 P を収容する給紙カセットを着脱自在に装着し得るような構成であってもよい。

**【 0 0 3 1 】**

制御部 6 は、例えば、パーソナルコンピュータ（P C）やデジタルカメラ（D C）等のホストコンピュータ 8 から入力された印刷データに基づいて、印刷装置 4 や給紙装置 5 等を制御することにより記録用紙 P に印刷処理を行うものである。また、制御部 6 は、操作パネル 7 の表示部にエラーメッセージ等を表示させ、あるいは L E D ランプ等を点灯／点滅させるとともに、操作部から入力された各種スイッチの押下信号に基づいて、対応する処理を各部に実行させるものである。

**【 0 0 3 2 】**

図 2 は、本発明のインクジェットプリンタの主要部を概略的に示すブロック図である。この図 2 において、本発明のインクジェットプリンタ 1 は、ホストコンピュータ 8 から入力された印刷データなどを受け取るインターフェース部（I F：Interface）9 と、制御部 6 と、キャリッジモータ 4 1 と、キャリッジモータ 4 1 を駆動制御するキャリッジモータドライバ 4 3 と、給紙モータ 5 1 と、給紙モータ 5 1 を駆動制御する給紙モータドライバ 5 3 と、ヘッドユニット 3 5 と、ヘッドユニット 3 5 を駆動制御するヘッドドライバ 3 3 と、吐出異常検出手段 1 0 とを備える。なお、吐出異常検出手段 1 0 及びヘッドドライバ 3 3 については、詳細を後述する。

**【 0 0 3 3 】**

この図 2 において、制御部 6 は、印刷処理や吐出異常検出処理などの各種処理

を実行するCPU (Central Processing Unit) 61と、ホストコンピュータ8からIF9を介して入力される印刷データを図示しないデータ格納領域に格納する不揮発性半導体メモリの一種であるEEPROM (Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory) (記憶手段) 62と、後述する吐出異常検出処理などを実行する際に各種データを一時的に格納し、あるいは印刷処理などのアプリケーションプログラムを一時的に展開するRAM (Random Access Memory) 63と、各部を制御する制御プログラム等を格納する不揮発性半導体メモリの一種であるPROM64とを備えている。なお、制御部6の各構成要素は、図示しないバスを介して電氣的に接続されている。

#### 【0034】

上述のように、印字手段3は、各色のインクに対応した複数のヘッドユニット35から構成され、この各ヘッドユニット35は、複数のノズル110と、これらの各ノズル110に対応する静電アクチュエータ120と(複数のインクジェットヘッド100)を備える。すなわち、ヘッドユニット35は、1組のノズル110及び静電アクチュエータ120を有してなるインクジェットヘッド(液滴吐出ヘッド)100を複数個備えた構成になっている。そして、ヘッドドライバ33は、各インクジェットヘッド100の静電アクチュエータ120を駆動して、インクの吐出タイミングを制御する駆動回路18と、切替手段23とから構成される(図16参照)。なお、インクジェットヘッド100及び静電アクチュエータ120の構成については後述する。

#### 【0035】

また、制御部6には、図示しないが、例えば、インクカートリッジ31のインク残量、印字手段3の位置、温度、湿度等の印刷環境等を検出可能な各種センサが、それぞれ電氣的に接続されている。

制御部6は、IF9を介して、ホストコンピュータ8から印刷データを入手すると、その印刷データをEEPROM62に格納する。そして、CPU61は、この印刷データに所定の処理を実行して、この処理データ及び各種センサからの入力データに基づいて、各ドライバ33、43、53に駆動信号を出力する。各ドライバ33、43、53を介してこれらの駆動信号が入力されると、ヘッドユ

ニット 35 の複数のインクジェットヘッド 100 に対応する静電アクチュエータ 120、印刷装置 4 のキャリッジモータ 41 及び給紙装置 5 がそれぞれ作動する。これにより、記録用紙 P に印刷処理が実行される。

#### 【0036】

次に、各ヘッドユニット 35 内の各インクジェットヘッド 100 の構造を説明する。図 3 は、図 2 に示すヘッドユニット 35 内の 1 つのインクジェットヘッド 100 の概略的な断面図（インクカートリッジ 31 などの共通部分を含む）であり、図 4 は、1 色のインクに対応するヘッドユニット 35 の概略的な構成を示す分解斜視図であり、図 5 は、図 3 に示すインクジェットヘッド 100 を複数適用したヘッドユニット 35 のノズル面の一例を示す平面図である。なお、図 3 及び図 4 は、通常使用される状態とは上下逆に示されており、図 5 は、図 3 に示すインクジェットヘッド 100 を図中上方から見たときの平面図である。

#### 【0037】

図 3 に示すように、ヘッドユニット 35 は、インク取り入れ口 131、ダンパ室 130 及びインク供給チューブ 311 を介して、インクカートリッジ 31 に接続されている。ここで、ダンパ室 130 は、ゴムからなるダンパ 132 を備えている。このダンパ室 130 により、キャリッジ 32 が往復走行する際のインクの揺れ及びインク圧の変化を吸収することができ、これにより、ヘッドユニット 35 の各インクジェットヘッド 100 に所定量のインクを安定的に供給することができる。

#### 【0038】

また、ヘッドユニット 35 は、シリコン基板 140 を挟んで、上側に同じくシリコン製のノズルプレート 150 と、下側にシリコンと熱膨張率が近いホウ珪酸ガラス基板（ガラス基板）160 とがそれぞれ積層された 3 層構造をなしている。中央のシリコン基板 140 には、独立した複数のキャビティ（圧力室）141（図 4 では、7 つのキャビティを示す）と、1 つのリザーバ（共通インク室）143 と、このリザーバ 143 を各キャビティ 141 に連通させるインク供給口（オリフィス）142 としてそれぞれ機能する溝が形成されている。各溝は、例えば、シリコン基板 140 の表面からエッチング処理を施すことにより形成するこ

とができる。このノズルプレート 150 と、シリコン基板 140 と、ガラス基板 160 とがこの順序で接合され、各キャビティ 141、リザーバ 143、各インク供給口 142 が区画形成されている。

#### 【0039】

これらのキャビティ 141 は、それぞれ短冊状（直方体状）に形成されており、後述する振動板 121 の振動（変位）によりその容積が可変であり、この容積変化によりノズル（インクノズル） 110 からインク（液状材料）を吐出するよう構成されている。ノズルプレート 150 には、各キャビティ 141 の先端側の部分に対応する位置に、ノズル 110 が形成されており、これらが各キャビティ 141 に連通している。また、リザーバ 143 が位置しているガラス基板 160 の部分には、リザーバ 143 に連通するインク取入れ口 131 が形成されている。インクは、インクカートリッジ 31 からインク供給チューブ 311、ダンパ室 130 を経てインク取入れ口 131 を通り、リザーバ 143 に供給される。リザーバ 143 に供給されたインクは、各インク供給口 142 を通って、独立した各キャビティ 141 に供給される。なお、各キャビティ 141 は、ノズルプレート 150 と、側壁（隔壁） 144 と、底壁 121 とによって、区画形成されている。

#### 【0040】

独立した各キャビティ 141 は、その底壁 121 が薄肉に形成されており、底壁 121 は、その面外方向（厚さ方向）、すなわち、図 3 において上下方向に弾性変形（弾性変位）可能な振動板（ダイヤフラム）として機能するように構成されている。したがって、この底壁 121 の部分を、以後の説明の都合上、振動板 121 と称して説明することもある（すなわち、以下、「底壁」と「振動板」のいずれにも符号 121 を用いる）。

#### 【0041】

ガラス基板 160 のシリコン基板 140 側の表面には、シリコン基板 140 の各キャビティ 141 に対応した位置に、それぞれ、浅い凹部 161 が形成されている。したがって、各キャビティ 141 の底壁 121 は、凹部 161 が形成されたガラス基板 160 の対向壁 162 の表面に、所定の間隙を介して対峙している

。すなわち、キャビティ141の底壁121と後述するセグメント電極122の間には、所定の厚さ（例えば、0.2ミクロン程度）の空隙が存在する。なお、前記凹部161は、例えば、エッチングなどで形成することができる。

#### 【0042】

ここで、各キャビティ141の底壁（振動板）121は、ヘッドドライバ33から供給される駆動信号によってそれぞれ電荷を蓄えるための各キャビティ141側の共通電極124の一部を構成している。すなわち、各キャビティ141の振動板121は、それぞれ、後述する対応する静電アクチュエータ120の対向電極（コンデンサの対向電極）の一方を兼ねている。そして、ガラス基板160の凹部161の表面には、各キャビティ141の底壁121に対峙するように、それぞれ、共通電極124に対向する電極であるセグメント電極122が形成されている。また、図3に示すように、各キャビティ141の底壁121の表面は、シリコンの酸化膜（ $\text{SiO}_2$ ）からなる絶縁層123により覆われている。このように、各キャビティ141の底壁121、すなわち、振動板121と、それに対応する各セグメント電極122とは、キャビティ141の底壁121の図3中下側の表面に形成された絶縁層123と凹部161内の空隙とを介し、対向電極（コンデンサの対向電極）を形成（構成）している。したがって、振動板121と、セグメント電極122と、これらの間の絶縁層123及び空隙とにより、静電アクチュエータ120の主要部が構成される。

#### 【0043】

図3に示すように、これらの対向電極の間に駆動電圧を印加するための駆動回路18を含むヘッドドライバ33は、制御部6から入力される印字信号（印字データ）に応じて、これらの対向電極間の充放電を行う。ヘッドドライバ（電圧印加手段）33の一方の出力端子は、個々のセグメント電極122に接続され、他方の出力端子は、シリコン基板140に形成された共通電極124の入力端子124aに接続されている。なお、シリコン基板140には不純物が注入されており、それ自体が導電性をもつために、この共通電極124の入力端子124aから底壁121の共通電極124に電圧を供給することができる。また、例えば、シリコン基板140の一方の面に金や銅などの導電性材料の薄膜を形成してもよ

い。これにより、低い電気抵抗で（効率良く）共通電極 124 に電圧（電荷）を供給することができる。この薄膜は、例えば、蒸着あるいはスパッタリング等によって形成すればよい。ここで、本実施形態では、例えば、シリコン基板 140 とガラス基板 160 とを陽極接合によって結合（接合）させるので、その陽極結合において電極として用いる導電膜をシリコン基板 140 の流路形成面側（図 3 に示すシリコン基板 140 の上部側）に形成している。そして、この導電膜をそのまま共通電極 124 の入力端子 124a として用いる。なお、本発明では、例えば、共通電極 124 の入力端子 124a を省略してもよく、また、シリコン基板 140 とガラス基板 160 との接合方法は、陽極接合に限定されない。

#### 【0044】

図 4 に示すように、ヘッドユニット 35 は、複数のインクジェットヘッド 100 に対応する複数のノズル 110 が形成されたノズルプレート 150 と、複数のキャビティ 141、複数のインク供給口 142、1 つのリザーバ 143 が形成されたシリコン基板（インク室基板） 140 と、絶縁層 123 とを備え、これらがガラス基板 160 を含む基体 170 に収納されている。基体 170 は、例えば、各種樹脂材料、各種金属材料等で構成されており、この基体 170 にシリコン基板 140 が固定、支持されている。

#### 【0045】

なお、ノズルプレート 150 に形成された複数のノズル 110 は、図 4 では簡潔に示すためにリザーバ 143 に対して略並行に直線的に配列されているが、ノズル 110 の配列パターンはこの構成に限らず、通常は、例えば、図 5 に示すノズル配置パターンのように、段をずらして配置される。また、このノズル 110 間のピッチは、印刷精度（dpi）に応じて適宜設定され得るものである。なお、図 5 では、4 色のインク（インクカートリッジ 31）を適用した場合におけるノズル 110 の配置パターンを示している。

#### 【0046】

図 6 は、図 3 の III-III 断面の駆動信号入力時の各状態を示す。ヘッドドライバ 33 から対向電極間に駆動電圧が印加されると、対向電極間にクーロン力が発生し、底壁（振動板） 121 は、初期状態（図 6（a））に対して、セグメント

電極 122 側へ撓み、キャビティ 141 の容積が拡大する (図 6 (b))。この状態において、ヘッドドライバ 33 の制御により、対向電極間の電荷を急激に放電させると、振動板 121 は、その弾性復元力によって図中上方に復元し、初期状態における振動板 121 の位置を越えて上部に移動し、キャビティ 141 の容積が急激に収縮する (図 2 (c))。このときキャビティ 141 内に発生する圧縮圧力により、キャビティ 141 を満たすインク (液状材料) の一部が、このキャビティ 141 に連通しているインクノズル 110 からインク滴として吐出される。

#### 【0047】

各キャビティ 141 の振動板 121 は、この一連の動作 (ヘッドドライバ 33 の駆動信号によるインク吐出動作) により、次の駆動信号 (駆動電圧) が入力されて再びインク滴を吐出するまでの間、減衰振動をしている。以下、この減衰振動を残留振動とも称する。振動板 121 の残留振動は、ノズル 110 やインク供給口 142 の形状、あるいはインク粘度等による音響抵抗  $r$  と、流路内のインク重量によるイナータンス  $m$  と、振動板 121 のコンプライアンス  $C_m$  とによって決定される固有振動周波数を有するものと想定される。

#### 【0048】

上記想定に基づく振動板 121 の残留振動の計算モデルについて説明する。図 7 は、振動板 121 の残留振動を想定した単振動の計算モデルを示す回路図である。このように、振動板 121 の残留振動の計算モデルは、音圧  $P$  と、上述のイナータンス  $m$ 、コンプライアンス  $C_m$  及び音響抵抗  $r$  とで表せる。そして、図 7 の回路に音圧  $P$  を与えた時のステップ応答を体積速度  $u$  について計算すると、次式が得られる。

#### 【0049】

## 【数 1】

$$u = \frac{P}{\omega \cdot m} e^{-\alpha t} \cdot \sin \omega t \quad (1)$$

$$\omega = \sqrt{\frac{1}{m \cdot C_m} - \alpha^2} \quad (2)$$

$$\alpha = \frac{r}{2m} \quad (3)$$

この式から得られた計算結果と、別途行ったインク吐出後の振動板 121 の残留振動の実験における実験結果とを比較する。図 8 は、振動板 121 の残留振動の実験値と計算値との関係を示すグラフである。この図 8 に示すグラフからも分かるように、実験値と計算値の 2 つの波形は、概ね一致している。

## 【0050】

さて、ヘッドユニット 35 の各インクジェットヘッド 100 では、前述したような吐出動作を行ったにもかかわらずノズル 110 からインク滴が正常に吐出されない現象、すなわち液滴の吐出異常が発生する場合がある。この吐出異常が発生する原因としては、後述するように、①キャビティ 141 内への気泡の混入、②ノズル 110 付近でのインクの乾燥・増粘（固着）、③ノズル 110 出口付近への紙粉付着、等が挙げられる。

## 【0051】

この吐出異常が発生すると、その結果としては、典型的にはノズル 110 から液滴が吐出されないこと、すなわち液滴の不吐出現象が現れ、その場合、記録用紙 P に印刷（描画）した画像における画素のドット抜けを生じる。また、吐出異常の場合には、ノズル 110 から液滴が吐出されたとしても、液滴の量が過少であったり、その液滴の飛行方向（弾道）がずれたりして適正に着弾しないので、やはり画素のドット抜けとなって現れる。このようなことから、以下の説明では、液滴の吐出異常のことを単に「ドット抜け」という場合もある。

## 【0052】

以下において、図 8 に示す比較結果に基づいて、インクジェットヘッド 100

のノズル 110 に発生する印刷処理時のドット抜け（吐出異常）現象（インク不吐出現象）の原因別に、振動板 121 の残留振動の計算値と実験値がマッチ（概ね一致）するように、音響抵抗  $r$  及び／又はイナータンス  $m$  の値を調整する。なお、ここでは、気泡混入、乾燥増粘及び紙粉付着の 3 種類について検討する。

#### 【0053】

まず、ドット抜けの 1 つの原因であるキャビティ 141 内への気泡の混入について検討する。図 9 は、図 3 のキャビティ 141 内に気泡 B が混入した場合のノズル 110 付近の概念図である。この図 9 に示すように、発生した気泡 B は、キャビティ 141 の壁面に発生付着しているものと想定される（図 9 では、気泡 B の付着位置の一例として、気泡 B がノズル 110 付近に付着している場合を示す）。

#### 【0054】

このように、キャビティ 141 内に気泡 B が混入した場合には、キャビティ 141 内を満たすインクの総重量が減り、イナータンス  $m$  が低下するものと考えられる。また、気泡 B は、キャビティ 141 の壁面に付着しているので、その径の大きさだけノズル 110 の径が大きくなったような状態となり、音響抵抗  $r$  が低下するものと考えられる。

#### 【0055】

したがって、インクが正常に吐出された図 8 の場合に対して、音響抵抗  $r$ 、イナータンス  $m$  を共に小さく設定して、気泡混入時の残留振動の実験値とマッチングすることにより、図 10 のような結果（グラフ）が得られた。図 8 及び図 10 のグラフから分かるように、キャビティ 141 内に気泡が混入した場合には、正常吐出時に比べて周波数が高くなる特徴的な残留振動波形が得られる。なお、音響抵抗  $r$  の低下などにより、残留振動の振幅の減衰率も小さくなり、残留振動は、その振幅をゆっくりと下げていることも確認することができる。

#### 【0056】

次に、ドット抜けのもう 1 つの原因であるノズル 110 付近でのインクの乾燥（固着、増粘）について検討する。図 11 は、図 3 のノズル 110 付近のインクが乾燥により固着した場合のノズル 110 付近の概念図である。この図 11 に示

すように、ノズル 110 付近のインクが乾燥して固着した場合、キャビティ 141 内のインクは、キャビティ 141 内に閉じこめられたような状況となる。このように、ノズル 110 付近のインクが乾燥、増粘した場合には、音響抵抗  $r$  が増加するものと考えられる。

#### 【0057】

したがって、インクが正常に吐出された図 8 の場合に対して、音響抵抗  $r$  を大きく設定して、ノズル 110 付近のインク乾燥固着（増粘）時の残留振動の実験値とマッチングすることにより、図 12 のような結果（グラフ）が得られた。なお、図 12 に示す実験値は、数日間図示しないキャップを装着しない状態でヘッドユニット 35 を放置し、キャビティ 141 内のノズル 110 付近のインクが乾燥、増粘したことによりインクを吐出することができなくなった（インクが固着した）状態における振動板 121 の残留振動を測定したものである。図 8 及び図 12 のグラフから分かるように、ノズル 110 付近のインクが乾燥により固着した場合には、正常吐出時に比べて周波数が極めて低くなるとともに、残留振動が過減衰となる特徴的な残留振動波形が得られる。これは、インク滴を吐出するために振動板 121 が図 3 中下方に引き寄せられることによって、キャビティ 141 内にリザーバ 143 からインクが流入した後に、振動板 121 が図 3 中上方に移動するときに、キャビティ 141 内のインクの逃げ道がないために、振動板 121 が急激に振動できなくなるため（過減衰となるため）である。

#### 【0058】

次に、ドット抜けのさらにもう 1 つの原因であるノズル 110 出口付近への紙粉付着について検討する。図 13 は、図 3 のノズル 110 出口付近に紙粉が付着した場合のノズル 110 付近の概念図である。この図 13 に示すように、ノズル 110 の出口付近に紙粉が付着した場合、キャビティ 141 内から紙粉を介してインクが染み出してしまうとともに、ノズル 110 からインクを吐出することができなくなる。このように、ノズル 110 の出口付近に紙粉が付着し、ノズル 110 からインクが染み出している場合には、振動板 121 からみてキャビティ 141 内及び染み出し分のインクが正常時よりも増えることにより、イナータンス  $m$  が増加するものと考えられる。また、ノズル 110 の出口付近に付着した紙粉

の繊維によって音響抵抗  $r$  が増大するものと考えられる。

#### 【0059】

したがって、インクが正常に吐出された図8の場合に対して、イナータンス  $m$ 、音響抵抗  $r$  を共に大きく設定して、ノズル110の出口付近への紙粉付着時の残留振動の実験値とマッチングすることにより、図14のような結果（グラフ）が得られた。図8及び図14のグラフから分かるように、ノズル110の出口付近に紙粉が付着した場合には、正常吐出時に比べて周波数が低くなる特徴的な残留振動波形が得られる（ここで、紙粉付着の場合、インクの乾燥の場合よりは、残留振動の周波数が高いことも、図12及び図14のグラフから分かる。）。なお、図15は、この紙粉付着前後におけるノズル110の状態を示す写真である。ノズル110の出口付近に紙粉が付着すると、紙粉に沿ってインクがにじみ出している状態を、図15（b）から見出すことができる。

#### 【0060】

ここで、ノズル110付近のインクが乾燥して増粘した場合と、ノズル110の出口付近に紙粉が付着した場合とでは、いずれも正常にインク滴が吐出された場合に比べて減衰振動の周波数が低くなっている。これら2つのドット抜け（インク不吐出：吐出異常）の原因を振動板121の残留振動の波形から特定するために、例えば、減衰振動の周波数や周期、位相において所定のしきい値を持って比較するか、あるいは、残留振動（減衰振動）の周期変化や振幅変化の減衰率から特定することができる。このようにして、各インクジェットヘッド100におけるノズル110からのインク滴が吐出されたときの振動板121の残留振動の変化、特に、その周波数の変化によって、各インクジェットヘッド100の吐出異常を検出することができる。また、その場合の残留振動の周波数を正常吐出時の残留振動の周波数と比較することにより、吐出異常の原因を特定することもできる。

#### 【0061】

次に、本発明の吐出異常検出手段10について説明する。図16は、図2に示す吐出異常検出手段10の概略的なブロック図である。この図16に示すように、本発明の吐出異常検出手段10は、発振回路11と、F/V変換回路12と、

波形整形回路 15 とから構成される残留振動検出手段 16 と、この残留振動検出手段 16 によって検出された残留振動波形データから周期や振幅などを計測する計測手段 17 と、この計測手段 17 によって計測された周期などに基づいてインクジェットヘッド 100 の吐出異常を判定する判定手段 20 とを備えている。吐出異常検出手段 10 では、残留振動検出手段 16 は、静電アクチュエータ 120 の振動板 121 の残留振動に基づいて、発振回路 11 が発振し、その発振周波数から  $F/V$  変換回路 12 及び波形整形回路 15 において振動波形を形成して、検出する。そして、計測手段 17 は、検出された振動波形に基づいて残留振動の周期などを計測し、判定手段 20 は、計測された残留振動の周期など（残留振動の振動パターン）に基づいて、ヘッドユニット 35 内のインクジェットヘッド 100 の吐出異常を検出、判定する。以下、吐出異常検出手段 10 の各構成要素について説明する。

#### 【0062】

まず、静電アクチュエータ 120 の振動板 121 の残留振動の周波数（振動数）を検出するために、発振回路 11 を用いる方法を説明する。図 17 は、図 3 の静電アクチュエータ 120 を平行平板コンデンサとした場合の概念図であり、図 18 は、図 3 の静電アクチュエータ 120 から構成されるコンデンサを含む発振回路 11 の回路図である。なお、図 18 に示す発振回路 11 は、シュミットトリガのヒステリシス特性を利用する CR 発振回路であるが、本発明はこのような CR 発振回路に限定されず、アクチュエータ（振動板を含む）の静電容量成分（コンデンサ C）を用いる発振回路であればどのような発振回路でもよい。発振回路 11 は、例えば、LC 発振回路を利用した構成としてもよい。また、本実施形態では、シュミットトリガインバータを用いた例を示して説明しているが、例えば、インバータを 3 段用いた CR 発振回路を構成してもよい。

#### 【0063】

図 3 に示すインクジェットヘッド 100 では、上述のように、振動板 121 と非常にわずかな間隔（空隙）を隔てたセグメント電極 122 とが対向電極を形成する静電アクチュエータ 120 を構成している。この静電アクチュエータ 120 は、図 17 に示すような平行平板コンデンサと考えることができる。このコンデ

ンサの静電容量を  $C$ 、振動板 121 及びセグメント電極 122 のそれぞれの表面積を  $S$ 、2つの電極 121、122 の距離（ギャップ長）を  $g$ 、両電極に挟まれた空間（空隙）の誘電率を  $\epsilon$ （真空の誘電率を  $\epsilon_0$ 、空隙の比誘電率を  $\epsilon_r$  とすると、 $\epsilon = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r$ ）とすると、図 17 に示すコンデンサ（静電アクチュエータ 120）の静電容量  $C(x)$  は、次式で表される。

【0064】

【数 2】

$$C(x) = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r \frac{S}{g - x} \quad (F) \quad (4)$$

なお、式（4）の  $x$  は、図 17 に示すように、振動板 121 の残留振動によって生じる振動板 121 の基準位置からの変位量を示している。

【0065】

この式（4）から分かるように、ギャップ長  $g$ （ギャップ長  $g$ －変位量  $x$ ）が小さくなれば、静電容量  $C(x)$  は大きくなり、逆にギャップ長  $g$ （ギャップ長  $g$ －変位量  $x$ ）が大きくなれば、静電容量  $C(x)$  は小さくなる。このように、静電容量  $C(x)$  は、（ギャップ長  $g$ －変位量  $x$ ）（ $x$  が 0 の場合は、ギャップ長  $g$ ）に反比例している。なお、図 3 に示す静電アクチュエータ 120 では、空隙は空気で満たされているので、比誘電率  $\epsilon_r = 1$  である。

【0066】

また、一般に、液滴吐出装置（本実施形態では、インクジェットプリンタ 1）の解像度が高まるにつれて、吐出されるインク滴（インクドット）が微小化されるので、この静電アクチュエータ 120 は、高密度化、小型化される。それによって、インクジェットヘッド 100 の振動板 121 の表面積  $S$  が小さくなり、小さな静電アクチュエータ 120 が構成される。さらに、インク滴吐出による残留振動によって変化する静電アクチュエータ 120 のギャップ長  $g$  は、初期ギャップ  $g_0$  の 1 割程度となるため、式（4）から分かるように、静電アクチュエータ 120 の静電容量の変化量は非常に小さな値となる。

## 【0067】

この静電アクチュエータ 120 の静電容量の変化量（残留振動の振動パターンにより異なる）を検出するために、以下のような方法、すなわち、静電アクチュエータ 120 の静電容量に基づいた図 18 のような発振回路を構成し、発振された信号に基づいて残留振動の周波数（周期）を解析する方法を用いる。図 18 に示す発振回路 11 は、静電アクチュエータ 120 から構成されるコンデンサ（C）と、シュミットトリガインバータ 111 と、抵抗素子（R）112 とから構成される。

## 【0068】

シュミットトリガインバータ 111 の出力信号が High レベルの場合、抵抗素子 112 を介してコンデンサ C を充電する。コンデンサ C の充電電圧（振動板 121 とセグメント電極 122 との間の電位差）が、シュミットトリガインバータ 111 の入力スレッショルド電圧  $V_{T+}$  に達すると、シュミットトリガインバータ 111 の出力信号が Low レベルに反転する。そして、シュミットトリガインバータ 111 の出力信号が Low レベルとなると、抵抗素子 112 を介してコンデンサ C に充電されていた電荷が放電される。この放電によりコンデンサ C の電圧がシュミットトリガインバータ 111 の入力スレッショルド電圧  $V_{T-}$  に達すると、シュミットトリガインバータ 111 の出力信号が再び High レベルに反転する。以降、この発振動作が繰り返される。

## 【0069】

ここで、上述のそれぞれの現象（気泡混入、乾燥、紙粉付着、及び正常吐出）におけるコンデンサ C の静電容量の時間変化を検出するためには、この発振回路 11 による発振周波数は、残留振動の周波数が最も高い気泡混入時（図 10 参照）の周波数を検出することができる発振周波数に設定される必要がある。そのため、発振回路 11 の発振周波数は、例えば、検出する残留振動の周波数の数倍から数十倍以上、すなわち、気泡混入時の周波数よりおよそ 1 桁以上高い周波数となるようにしなければならない。この場合、好ましくは、気泡混入時の残留振動の周波数が正常吐出の場合と比較して高い周波数を示すため、気泡混入時の残留振動周波数が検知可能な発振周波数に設定するとよい。そうしなければ、吐出異

常の現象に対して正確な残留振動の周波数を検出することができない。そのため、本実施形態では、発振周波数に応じて、発振回路 11 の CR の時定数を設定している。このように、発振回路 11 の発振周波数を高く設定することにより、この発振周波数の微小変化に基づいて、より正確な残留振動波形を検出することができる。

#### 【0070】

なお、発振回路 11 から出力される発振信号の発振周波数の周期（パルス）毎に、測定用のカウントパルス（カウンタ）を用いてそのパルスをカウントし、初期ギャップ  $g_0$  におけるコンデンサ C の静電容量で発振させた場合の発振周波数のパルスのカウント量を測定したカウント量から減算することにより、残留振動波形について発振周波数毎のデジタル情報が得られる。これらのデジタル情報に基づいて、デジタル／アナログ（D/A）変換を行うことにより、概略的な残留振動波形が生成され得る。このような方法を用いてもよいが、測定用のカウントパルス（カウンタ）には、発振周波数の微小変化を測定することができる高い周波数（高解像度）のものが必要となる。このようなカウントパルス（カウンタ）は、コストをアップさせるため、本発明の吐出異常検出手段 10 では、図 19 に示す F/V 変換回路 12 を用いている。

#### 【0071】

図 19 は、図 16 に示す吐出異常検出手段 10 の F/V 変換回路 12 の回路図である。この図 19 に示すように、F/V 変換回路 12 は、3つのスイッチ SW1、SW2、SW3 と、2つのコンデンサ C1、C2 と、抵抗素子 R1 と、定電流  $I_s$  を出力する定電流源 13 と、バッファ 14 とから構成される。この F/V 変換回路 12 の動作を図 20 のタイミングチャート及び図 21 のグラフを用いて説明する。

#### 【0072】

まず、図 20 のタイミングチャートに示す充電信号、ホールド信号及びクリア信号の生成方法について説明する。充電信号は、発振回路 11 の発振パルスの立ち上がりエッジから固定時間  $t_r$  を設定し、その固定時間  $t_r$  の間 High レベルとなるようにして生成される。ホールド信号は、充電信号の立ち上がりエッジ

に同期して立ち上がり、所定の固定時間だけ High レベルに保持され、Low レベルに立ち下がるようにして生成される。クリア信号は、ホールド信号の立ち下がりエッジに同期して立ち上がり、所定の固定時間だけ High レベルに保持され、Low レベルに立ち下がるようにして生成される。なお、後述するように、コンデンサ C 1 からコンデンサ C 2 への電荷の移動及びコンデンサ C 1 の放電は瞬時に行われるので、ホールド信号及びクリア信号のパルスは、発振回路 1 1 の出力信号の次の立ち上がりエッジまでにそれぞれ 1 つのパルスが含まれればよく、上記のような立ち上がりエッジ、立ち下がりエッジに限定されない。

### 【0073】

きれいな残留振動の波形（電圧波形）を得るために、図 2 1 を参照して、固定時間  $t_r$  及び  $t_1$  の設定方法を説明する。固定時間  $t_r$  は、静電アクチュエータ 1 2 0 が初期ギャップ長  $g_0$  のときにおける静電容量 C で発振した発振パルスの周期から調整され、充電時間  $t_1$  による充電電位が C 1 の充電範囲のおよそ  $1/2$  付近となるように設定される。また、ギャップ長  $g$  が最大 (Max) の位置における充電時間  $t_2$  から最小 (Min) の位置における充電時間  $t_3$  の間で、コンデンサ C 1 の充電範囲を超えないように充電電位の傾きが設定される。すなわち、充電電位の傾きは、 $dV/dt = I_s/C_1$  によって決定されるため、定電流源 1 3 の出力定電流  $I_s$  を適当な値に設定すればよい。この定電流源 1 3 の出力定電流  $I_s$  をその範囲内でできるだけ高く設定することによって、静電アクチュエータ 1 2 0 によって構成されるコンデンサの微小な静電容量の変化を高感度で検出することができ、静電アクチュエータ 1 2 0 の振動板 1 2 1 の微小な変化を検出することが可能となる。

### 【0074】

次いで、図 2 2 を参照して、図 1 6 に示す波形整形回路 1 5 の構成を説明する。図 2 2 は、図 1 6 の波形整形回路 1 5 の回路構成を示す回路図である。この波形整形回路 1 5 は、残留振動波形を矩形波として判定手段 2 0 に出力するものである。この図 2 2 に示すように、波形整形回路 1 5 は、2 つのコンデンサ C 3 (DC 成分除去手段)、C 4 と、2 つの抵抗素子 R 2、R 3 と、2 つの直流電圧源  $V_{ref1}$ 、 $V_{ref2}$  と、増幅器（オペアンプ）1 5 1 と、比較器（コンパレ

ータ) 152 とから構成される。なお、残留振動波形の波形整形処理において、検出される波高値をそのまま出力して、残留振動波形の振幅を計測するように構成してもよい。

#### 【0075】

F/V変換回路12のバッファ14の出力には、静電アクチュエータ120の初期ギャップ $g_0$ に基づくDC成分(直流成分)の静電容量成分が含まれている。この直流成分は各インクジェットヘッド100によりばらつきがあるため、コンデンサC3は、この静電容量の直流成分を除去するものである。そして、コンデンサC3は、バッファ14の出力信号におけるDC成分を除去し、残留振動のAC成分のみをオペアンプ151の反転入力端子に出力する。

#### 【0076】

オペアンプ151は、直流成分が除去されたF/V変換回路12のバッファ14の出力信号を反転増幅するとともに、その出力信号の高域を除去するためのローパスフィルタを構成している。なお、このオペアンプ151は、単電源回路を想定している。オペアンプ151は、2つの抵抗素子R2、R3による反転増幅器を構成し、入力された残留振動(交流成分)は、 $-R3/R2$ 倍に振幅される。

#### 【0077】

また、オペアンプ151の単電源動作のために、その非反転入力端子に接続された直流電圧源Vref1によって設定された電位を中心に振動する、増幅された振動板121の残留振動波形が出力される。ここで、直流電圧源Vref1は、オペアンプ151が単電源で動作可能な電圧範囲の1/2程度に設定されている。さらに、このオペアンプ151は、2つのコンデンサC3、C4により、カットオフ周波数 $1/(2\pi \times C4 \times R3)$ となるローパスフィルタを構成している。そして、直流成分を除去された後に増幅された振動板121の残留振動波形は、図20のタイミングチャートに示すように、次段の比較器(コンパレータ)152でもう一つの直流電圧源Vref2の電位と比較され、その比較結果が矩形波として波形整形回路15から出力される。なお、直流電圧源Vref2は、もう一つの直流電圧源Vref1を共用してもよい。

**【 0 0 7 8 】**

次に、図 2 0 に示すタイミングチャートを参照して、図 1 9 の F / V 変換回路 1 2 及び波形整形回路 2 2 の動作を説明する。上述のように生成された充電信号、クリア信号及びホールド信号に基づいて、図 1 9 に示す F / V 変換回路 1 2 は動作する。図 2 0 のタイミングチャートにおいて、静電アクチュエータ 1 2 0 の駆動信号がヘッドドライバ 3 3 を介してヘッドユニット 3 5 のインクジェットヘッド 1 0 0 に入力されると、図 6 ( b ) に示すように、静電アクチュエータ 1 2 0 の振動板 1 2 1 がセグメント電極 1 2 2 側に引きつけられ、この駆動信号の立ち下がりエッジに同期して、図 6 中上方に向けて急激に収縮する（図 6 ( c ) 参照）。

**【 0 0 7 9 】**

この駆動信号の立ち下がりエッジに同期して、駆動回路 1 8 と吐出異常検出手段 1 0 とを切り替える駆動／検出切替信号が H i g h レベルとなる。この駆動／検出切替信号は、対応するインクジェットヘッド 1 0 0 の駆動休止期間中、H i g h レベルに保持され、次の駆動信号が入力される前に、L o w レベルになる。この駆動／検出切替信号が H i g h レベルの間、図 1 8 の発振回路 1 1 は、静電アクチュエータ 1 2 0 の振動板 1 2 1 の残留振動に対応して発振周波数を変えながら発振している。

**【 0 0 8 0 】**

上述のように、駆動信号の立ち下がりエッジ、すなわち、発振回路 1 1 の出力信号の立ち上がりエッジから、残留振動の波形がコンデンサ C 1 に充電可能な範囲を超えないように予め設定された固定時間  $t_r$  だけ経過するまで、充電信号は、H i g h レベルに保持される。なお、充電信号が H i g h レベルである間、スイッチ S W 1 はオフの状態である。

**【 0 0 8 1 】**

固定時間  $t_r$  が経過し、充電信号が L o w レベルになると、その充電信号の立ち下がりエッジに同期して、スイッチ S W 1 がオンされる（図 1 9 参照）。そして、定電流源 1 3 とコンデンサ C 1 とが接続され、コンデンサ C 1 は、上述のように、傾き  $I_s / C_1$  で充電される。充電信号が L o w レベルである期間、すな

わち、発振回路 11 の出力信号の次のパルスの立ち上がりエッジに同期して High レベルになるまでの間、コンデンサ C1 は充電される。

#### 【0082】

充電信号が High レベルになると、スイッチ SW1 はオフ（オープン）となり、定電流源 13 とコンデンサ C1 は切り離される。このとき、コンデンサ C1 には、充電信号が Low レベルの期間  $t_1$  の間に充電された電位（すなわち、理想的には  $I_s \times t_1 / C_1$  (V)）が保存されている。この状態で、ホールド信号が High レベルになると、スイッチ SW2 がオンされ（図 19 参照）、コンデンサ C1 とコンデンサ C2 が、抵抗素子 R1 を介して接続される。スイッチ SW2 の接続後、2 つのコンデンサ C1、C2 の充電電位差によって互いに充放電が行われ、2 つのコンデンサ C1、C2 の電位差が概ね等しくなるように、コンデンサ C1 からコンデンサ C2 に電荷が移動する。

#### 【0083】

ここで、コンデンサ C1 の静電容量に対してコンデンサ C2 の静電容量は、約  $1/10$  以下程度に設定されている。そのため、2 つのコンデンサ C1、C2 間の電位差によって生じる充放電で移動する（使用される）電荷量は、コンデンサ C1 に充電されている電荷の  $1/10$  以下となる。したがって、コンデンサ C1 からコンデンサ C2 へ電荷が移動した後においても、コンデンサ C1 の電位差は、それほど変化しない（それほど下がらない）。なお、図 19 の F/V 変換回路 12 では、コンデンサ C2 に充電されるとき F/V 変換回路 12 の配線のインダクタンス等により充電電位が急激に跳ね上がらないようにするために、抵抗素子 R1 とコンデンサ C2 により一次のローパスフィルタを構成している。

#### 【0084】

コンデンサ C2 にコンデンサ C1 の充電電位と概ね等しい充電電位が保持された後、ホールド信号が Low レベルとなり、コンデンサ C1 はコンデンサ C2 から切り離される。さらに、クリア信号が High レベルとなり、スイッチ SW3 がオンすることにより、コンデンサ C1 がグラウンド GND に接続され、コンデンサ C1 に充電されていた電荷が 0 となるように放電動作が行なわれる。コンデンサ C1 の放電後、クリア信号は Low レベルとなり、スイッチ SW3 がオフす

ることにより、コンデンサC1の図19中上部の電極がグラウンドGNDから切り離され、次の充電信号が入力されるまで、すなわち、充電信号がLowレベルになるまで待機している。

#### 【0085】

コンデンサC2に保持されている電位は、充電信号の立ち上がりのタイミング毎、すなわち、コンデンサC2への充電完了のタイミング毎に更新され、バッファ14を介して振動板121の残留振動波形として図22の波形整形回路15に出力される。したがって、発振回路11の発振周波数が高くなるように静電アクチュエータ120の静電容量（この場合、残留振動による静電容量の変動幅も考慮しなければならない）と抵抗素子112の抵抗値を設定すれば、図20のタイミングチャートに示すコンデンサC2の電位（バッファ14の出力）の各ステップ（段差）がより詳細になるので、振動板121の残留振動による静電容量の時間的な変化をより詳細に検出することが可能となる。

#### 【0086】

以下同様に、充電信号がLowレベル→Highレベル→Lowレベル・・・と繰り返し、上記所定のタイミングでコンデンサC2に保持されている電位がバッファ14を介して波形整形回路15に出力される。波形整形回路15では、バッファ14から入力された電圧信号（図20のタイミングチャートにおいて、コンデンサC2の電位）の直流成分がコンデンサC3によって除去され、抵抗素子R2を介してオペアンプ151の反転入力端子に入力される。入力された残留振動の交流（AC）成分は、このオペアンプ151によって反転増幅され、コンパレータ152の一方の入力端子に出力される。コンパレータ152は、予め直流電圧源Vref2によって設定されている電位（基準電圧）と、残留振動波形（交流成分）の電位とを比較し、矩形波を出力する（図20のタイミングチャートにおける比較回路の出力）。

#### 【0087】

次に、インクジェットヘッド100のインク滴吐出動作（駆動）と吐出異常検出動作（駆動休止）との切り替えタイミングについて説明する。図23は、駆動回路18と吐出異常検出手段10との切替手段23の概略を示すブロック図であ

る。なお、この図 23 では、図 16 に示すヘッドドライバ 33 内の駆動回路 18 をインクジェットヘッド 100 の駆動回路として説明する。図 20 のタイミングチャートでも示したように、本発明の吐出異常検出処理は、インクジェットヘッド 100 の駆動信号と駆動信号の間、すなわち、駆動休止期間に実行されている。

#### 【0088】

図 23 において、静電アクチュエータ 120 を駆動するために、切替手段 23 は、最初は駆動回路 18 側に接続されている。上述のように、駆動回路 18 から駆動信号（電圧信号）が振動板 121 に入力されると、静電アクチュエータ 120 が駆動し、振動板 121 は、セグメント電極 122 側に引きつけられ、印加電圧が 0 になるとセグメント電極 122 から離れる方向に急激に変位して振動（残留振動）を開始する。このとき、インクジェットヘッド 100 のノズル 110 からインク滴が吐出される。

#### 【0089】

駆動信号のパルスが立ち下がると、その立ち下がりエッジに同期して駆動／検出切替信号（図 20 のタイミングチャート参照）が切替手段 23 に入力され、切替手段 23 は、駆動回路 18 から吐出異常検出手段（検出回路）10 側に切り替えられ、静電アクチュエータ 120（発振回路 11 のコンデンサとして利用）は吐出異常検出手段 10 と接続される。

#### 【0090】

そして、吐出異常検出手段 10 は、上述のような吐出異常（ドット抜け）の検出処理を実行し、波形整形回路 15 の比較器 152 から出力される振動板 121 の残留振動波形データ（矩形波データ）を計測手段 17 によって残留振動波形の周期や振幅などに数値化する。本実施形態では、計測手段 17 は、残留振動波形データから特定の振動周期を測定し、その計測結果（数値）を判定手段 20 に出力する。

#### 【0091】

具体的には、計測手段 17 は、比較器 152 の出力信号の波形（矩形波）の最初の立ち上がりエッジから次の立ち上がりエッジまでの時間（残留振動の周期）

を計測するために、図示しないカウンタを用いて基準信号（所定の周波数）のパルスをカウントし、そのカウント値から残留振動の周期（特定の振動周期）を計測する。なお、計測手段 17 は、最初の立ち上がりエッジから次の立ち下がりエッジまでの時間を計測し、その計測された時間（すなわち、半周期）の 2 倍の時間を残留振動の周期として判定手段 20 に出力してもよい。以下、このようにして得られた残留振動の周期を  $T_w$  とする。

#### 【0092】

判定手段 20 は、計測手段 17 によって計測された残留振動波形の特定の振動周期など（計測結果）に基づいて、ノズルの吐出異常の有無、吐出異常の原因、比較偏差量などを判定し、その判定結果を制御部 6 に出力する。制御部 6 は、EEPROM（記憶手段）62 の所定の格納領域にこの判定結果を保存する。そして、駆動回路 18 からの次の駆動信号が入力されるタイミングで、駆動／検出切替信号が切替手段 23 に再び入力され、駆動回路 18 と静電アクチュエータ 120 とを接続する。駆動回路 18 は、一旦駆動電圧を印加するとグラウンド（GND）レベルを維持するので、切替手段 23 によって上記のような切り替えを行っている（図 20 のタイミングチャート参照）。これにより、駆動回路 18 からの外乱などに影響されることなく、静電アクチュエータ 120 の振動板 121 の残留振動波形を正確に検出することができる。

#### 【0093】

なお、本発明では、残留振動波形データは、比較器 152 により矩形波化したものに限定されない。例えば、オペアンプ 151 から出力された残留振動振幅データは、比較器 152 により比較処理を行うことなく、A/D 変換を行う計測手段 17 によって随時数値化され、その数値化されたデータに基づいて、判定手段 20 により吐出異常の有無などを判定し、この判定結果を記憶手段 62 に記憶するように構成してもよい。

#### 【0094】

また、ノズル 110 のメニスカス（ノズル 110 内インクが大気と接する面）は、振動板 121 の残留振動に同期して振動するため、インクジェットヘッド 100 は、インク滴の吐出動作後、このメニスカスの残留振動が音響抵抗  $r$  によっ

て概ね決まった時間で減衰するのを待ってから（所定の時間待機して）、次の吐出動作を行っている。本発明では、この待機時間を有効に利用して振動板 121 の残留振動を検出しているので、インクジェットヘッド 100 の駆動に影響しない吐出異常検出を行うことができる。すなわち、インクジェットプリンタ 1（液滴吐出装置）のスループットを低下させることなく、インクジェットヘッド 100 のノズル 110 の吐出異常検出処理を実行することができる。

#### 【0095】

上述のように、インクジェットヘッド 100 のキャビティ 141 内に気泡が混入した場合には、正常吐出時の振動板 121 の残留振動波形に比べて、周波数が高くなるので、その周期は逆に正常吐出時の残留振動の周期よりも短くなる。また、ノズル 110 付近のインクが乾燥により増粘、固着した場合には、残留振動が過減衰となり、正常吐出時の残留振動波形に比べて、周波数が相当低くなるので、その周期は正常吐出時の残留振動の周期よりもかなり長くなる。また、ノズル 110 の出口付近に紙粉が付着した場合には、残留振動の周波数は、正常吐出時の残留振動の周波数よりも低く、しかし、インクの乾燥時の残留振動の周波数よりも高くなるので、その周期は、正常吐出時の残留振動の周期よりも長く、インク乾燥時の残留振動の周期よりも短くなる。

#### 【0096】

したがって、正常吐出時の残留振動の周期として、所定の範囲  $T_r$  を設け、また、ノズル 110 出口に紙粉が付着した場合における残留振動の周期と、ノズル 110 の出口付近でインクが乾燥した場合における残留振動の周期とを区別するために、所定のしきい値（所定の閾値） $T_1$  を設定することにより、このようなインクジェットヘッド 100 の吐出異常の原因を決定することができる。判定手段 20 は、上記吐出異常検出処理によって検出された残留振動波形の周期  $T_w$  が所定の範囲の周期であるか否か、また、所定のしきい値よりも長いかなかを判定し、それによって、吐出異常の原因を判定する。

#### 【0097】

次に、本発明の液滴吐出装置の動作を、上述のインクジェットプリンタ 1 の構成に基づいて説明する。まず、1つのインクジェットヘッド 100 のノズル 11

0に対する吐出異常検出処理（駆動／検出切替処理を含む）について説明する。図24は、本発明の吐出異常検出・判定処理を示すフローチャートである。印刷される印字データ（フラッシング動作における吐出データでもよい）がホストコンピュータ8からインターフェース（IF）9を介して制御部6に入力されると、所定のタイミングでこの吐出異常検出処理が実行される。なお、説明の都合上、この図24に示すフローチャートでは、1つのインクジェットヘッド100、すなわち、1つのノズル110の吐出動作に対応する吐出異常検出処理を示す。

#### 【0098】

まず、印字データ（吐出データ）に対応する駆動信号がヘッドドライバ33の駆動回路18から入力され、それにより、図20のタイミングチャートに示すような駆動信号のタイミングに基づいて、静電アクチュエータ120の両電極間に駆動信号（電圧信号）が印加される（ステップS101）。そして、制御部6は、駆動／検出切替信号に基づいて、吐出したインクジェットヘッド100が駆動休止期間であるか否かを判断する（ステップS102）。ここで、駆動／検出切替信号は、駆動信号の立ち下がりエッジに同期してHighレベルとなり（図20参照）、制御部6から切替手段23に入力される。

#### 【0099】

駆動／検出切替信号が切替手段23に入力されると、切替手段23によって、静電アクチュエータ120、すなわち、発振回路11を構成するコンデンサは、駆動回路18から切り離され、吐出異常検出手段10（検出回路）側、すなわち、残留振動検出手段16の発振回路11に接続される（ステップS103）。そして、後述する残留振動検出処理を実行し（ステップS104）、計測手段17は、この残留振動検出処理において検出された残留振動波形データから所定の数値を計測する（ステップS105）。ここでは、上述のように、計測手段17は、残留振動波形データからその残留振動の周期を計測する。

#### 【0100】

次いで、判定手段20によって、計測手段の計測結果に基づいて、後述する吐出異常判定処理が実行され（ステップS106）、その判定結果を制御部6のEEPROM（記憶手段）62の所定の格納領域に保存する（ステップS107）

。そして、ステップS108においてインクジェットヘッド100が駆動期間であるか否かが判断される。すなわち、駆動休止期間が終了して、次の駆動信号が入力されたか否かが判断され、次の駆動信号が入力されるまで、このステップS108で待機している。

#### 【0101】

次の駆動信号のパルスが入力されるタイミングで、駆動信号の立ち上がりエッジに同期して駆動／検出切替信号がLowレベルになると（ステップS108で「yes」）、切替手段23は、静電アクチュエータ120との接続を、吐出異常検出手段（検出回路）10から駆動回路18に切り替えて（ステップS109）、この吐出異常検出処理を終了する。

#### 【0102】

なお、図24に示すフローチャートでは、計測手段17が残留振動検出処理（残留振動検出手段16）によって検出された残留振動波形から周期を計測する場合について示したが、本発明はこのような場合に限定されず、例えば、計測手段17は、残留振動検出処理において検出された残留振動波形データから、残留振動波形の位相差や振幅などの計測を行ってもよい。

#### 【0103】

次に、図24に示すフローチャートのステップS104における残留振動検出処理（サブルーチン）について説明する。図25は、本発明の残留振動検出処理を示すフローチャートである。上述のように、切替手段23によって、静電アクチュエータ120と発振回路11とを接続すると（図24のステップS103）、発振回路11は、CR発振回路を構成し、静電アクチュエータ120の静電容量の変化（静電アクチュエータ120の振動板121の残留振動）に基づいて、発振する（ステップS201）。

#### 【0104】

上述のタイミングチャートなどに示すように、発振回路11の出力信号（パルス信号）に基づいて、F/V変換回路12において、充電信号、ホールド信号及びクリア信号が生成され、これらの信号に基づいてF/V変換回路12によって発振回路11の出力信号の周波数から電圧に変換するF/V変換処理が行われ（

ステップS202)、F/V変換回路12から振動板121の残留振動波形データが出力される。F/V変換回路12から出力された残留振動波形データは、波形整形回路15のコンデンサC3により、DC成分(直流成分)が除去され(ステップS203)、オペアンプ151により、DC成分が除去された残留振動波形(AC成分)が増幅される(ステップS204)。

#### 【0105】

増幅後の残留振動波形データは、所定の処理により波形整形され、パルス化される(ステップS205)。すなわち、本実施形態では、比較器152において、直流電圧源Vref2によって設定された電圧値(所定の電圧値)とオペアンプ151の出力電圧とが比較される。比較器152は、この比較結果に基づいて、2値化された波形(矩形波)を出力する。この比較器152の出力信号は、残留振動検出手段16の出力信号であり、吐出異常判定処理を行うために、計測手段17に出力され、この残留振動検出処理が終了する。

#### 【0106】

次に、図24に示すフローチャートのステップS106における吐出異常判定処理(サブルーチン)について説明する。図26は、本発明の制御部6及び判定手段20によって実行される吐出異常判定処理を示すフローチャートである。判定手段20は、上述の計測手段17によって計測された周期などの計測データ(計測結果)に基づいて、該当するインクジェットヘッド100からインク滴が正常に吐出したか否か、正常に吐出していない場合、すなわち、吐出異常の場合にはその原因が何かを判定する。

#### 【0107】

まず、制御部6は、EEPROM62に保存されている残留振動の周期の所定の範囲Tr及び残留振動の周期の所定のしきい値T1を判定手段20に出力する。残留振動の周期の所定の範囲Trは、正常吐出時の残留振動周期に対して、正常と判定できる許容範囲を持たせたものである。これらのデータは、判定手段20の図示しないメモリに格納され、以下の処理が実行される。

#### 【0108】

図24のステップS105において計測手段17によって計測された計測結果

が判定手段 20 に入力される（ステップ S 301）。ここで、本実施形態では、計測結果は、振動板 121 の残留振動の周期  $T_w$  である。

ステップ S 202 において、判定手段 20 は、残留振動の周期  $T_w$  が存在するか否か、すなわち、吐出異常検出手段 10 によって残留振動波形データが得られなかったか否かを判定する。残留振動の周期  $T_w$  が存在しないと判定された場合には、判定手段 20 は、そのインクジェットヘッド 100 のノズル 110 は吐出異常検出処理においてインク滴を吐出していない未吐出ノズルであると判定する（ステップ S 306）。また、残留振動波形データが存在すると判定された場合には、続いて、ステップ S 303 において、判定手段 20 は、その周期  $T_w$  が正常吐出時の周期と認められる所定の範囲  $T_r$  内にあるか否かを判定する。

#### 【0109】

残留振動の周期  $T_w$  が所定の範囲  $T_r$  内にあると判定された場合には、対応するインクジェットヘッド 100 からインク滴が正常に吐出されたことを意味し、判定手段 20 は、そのインクジェットヘッド 100 のノズル 110 は正常にインク滴と吐出した（正常吐出）と判定する（ステップ S 307）。また、残留振動の周期  $T_w$  が所定の範囲  $T_r$  内ないと判定された場合には、続いて、ステップ S 304 において、判定手段 20 は、残留振動の周期  $T_w$  が所定の範囲  $T_r$  よりも短いかなかを判定する。

#### 【0110】

残留振動の周期  $T_w$  が所定の範囲  $T_r$  よりも短いと判定された場合には、残留振動の周波数が高いことを意味し、上述のように、インクジェットヘッド 100 のキャビティ 141 内に気泡が混入しているものと考えられ、判定手段 20 は、そのインクジェットヘッド 100 のキャビティ 141 に気泡が混入しているもの（気泡混入）と判定する（ステップ S 308）。

#### 【0111】

また、残留振動の周期  $T_w$  が所定の範囲  $T_r$  よりも長いと判定された場合には、続いて、判定手段 20 は、残留振動の周期  $T_w$  が所定のしきい値  $T_1$  よりも長いかなかを判定する（ステップ S 305）。残留振動の周期  $T_w$  が所定のしきい値  $T_1$  よりも長いと判定された場合には、残留振動が過減衰であると考えられ、

判定手段 20 は、そのインクジェットヘッド 100 のノズル 110 付近のインクが乾燥により増粘しているもの（乾燥）と判定する（ステップ S309）。

#### 【0112】

そして、ステップ S305 において、残留振動の周期  $T_w$  が所定のしきい値  $T_1$  よりも短いと判定された場合には、この残留振動の周期  $T_w$  は、 $T_r < T_w < T_1$  を満たす範囲の値であり、上述のように、乾燥よりも周波数が高いノズル 110 の出口付近への紙粉付着であると考えられ、判定手段 20 は、そのインクジェットヘッド 100 のノズル 110 出口付近に紙粉が付着しているもの（紙粉付着）と判定する（ステップ S310）。

このように、判定手段 20 によって、対象となるインクジェットヘッド 100 の正常吐出あるいは吐出異常の原因などが判定されると（ステップ S306～S310）、その判定結果は、制御部 6 に出力され、この吐出異常判定処理を終了する。

#### 【0113】

以上のように、本実施形態の液滴吐出装置（インクジェットプリンタ 1）及び液滴吐出ヘッドの吐出異常検出・判定方法では、静電アクチュエータ 120 の駆動により、液滴吐出ヘッド 100 から液体を液滴として吐出する動作を行った際に、残留振動検出手段 16 は、この静電アクチュエータ 120 によって変位させられた振動板 121 の残留振動を検出し、計測手段 17 は、残留振動検出手段 16 によって検出された残留振動に基づいて、振動板 121 の残留振動の振動パターン（例えば、残留振動波形の周期や振幅など）を計測し、その計測結果に基づいて、判定手段 20 は、液滴が正常に吐出されたか、あるいは吐出されなかったか（吐出異常）、吐出異常の場合には、その原因が何であるかを判定することとした。

#### 【0114】

したがって、本発明の液滴吐出装置、及び、液滴吐出ヘッドの吐出異常検出・判定方法によって、従来のドット抜け検出方法（例えば、光学式検出方法など）を備える液滴吐出ヘッド、液滴吐出装置に比べ、他の部品（例えば、光学式のドット抜け検出装置など）を必要としないので、液滴吐出ヘッドのサイズを大きく

することなく液滴の吐出異常を検出することができるとともに、吐出異常（ドット抜け）検出を行うことができる液滴吐出装置の製造コストを低く抑えることができる。また、本発明の液滴吐出装置では、液滴吐出動作後の振動板の残留振動を用いて液滴の吐出異常を検出しているので、印字動作の途中でも液滴の吐出異常を検出することができる。したがって、印字動作中に本発明の吐出異常検出・判定方法を実行しても、液滴吐出装置のスループットを低下又は悪化させることはない。

また、本発明の液滴吐出装置によって、光学式検出装置など従来のドット抜け検出を行うことができる装置では判定不可能である液滴の吐出異常の原因を判定することができ、それによって、必要に応じ、その原因に対し適切な回復処理を選択し、実行することができる。

#### 【0115】

##### <第2実施形態>

次に、本発明におけるインクジェットヘッドの他の構成例について説明する。図27～図30は、それぞれ、インクジェットヘッド100の他の構成例の概略を示す断面図である。以下、これらの図に基づいて説明するが、前述した実施形態と相違する点を中心に説明し、同様の事項についてはその説明を省略する。

#### 【0116】

図27に示すインクジェットヘッド100Aは、圧電素子200の駆動により振動板212が振動し、キャビティ208内のインク（液体）がノズル203から吐出するものである。ノズル（孔）203が形成されたステンレス鋼製のノズルプレート202には、ステンレス鋼製の金属プレート204が接着フィルム205を介して接合されており、さらにその上に同様のステンレス鋼製の金属プレート204が接着フィルム205を介して接合されている。そして、その上には、連通口形成プレート206及びキャビティプレート207が順次接合されている。

#### 【0117】

ノズルプレート202、金属プレート204、接着フィルム205、連通口形成プレート206及びキャビティプレート207は、それぞれ所定の形状（凹部

が形成されるような形状)に成形され、これらを重ねることにより、キャビティ 208 及びリザーバ 209 が形成される。キャビティ 208 とリザーバ 209 とは、インク供給口 210 を介して連通している。また、リザーバ 209 は、インク取り入れ口 211 に連通している。

#### 【0118】

キャビティプレート 207 の上面開口部には、振動板 212 が設置され、この振動板 212 には、下部電極 213 を介して圧電素子（ピエゾ素子）200 が接合されている。また、圧電素子 200 の下部電極 213 と反対側には、上部電極 214 が接合されている。ヘッドドライブ 215 は、駆動電圧波形を生成する駆動回路を備え、上部電極 214 と下部電極 213 との間に駆動電圧波形を印加（供給）することにより、圧電素子 200 が振動し、それに接合された振動板 212 が振動する。この振動板 212 の振動によりキャビティ 208 の容積（キャビティ内の圧力）が変化し、キャビティ 208 内に充填されたインク（液体）がノズル 203 より液滴として吐出する。

液滴の吐出によりキャビティ 208 内で減少した液量は、リザーバ 209 からインクが供給されて補給される。また、リザーバ 209 へは、インク取り入れ口 211 からインクが供給される。

#### 【0119】

図 28 に示すインクジェットヘッド 100B も前記と同様に、圧電素子 200 の駆動によりキャビティ 221 内のインク（液体）がノズルから吐出するものである。このインクジェットヘッド 100B は、一対の対向する基板 220 を有し、両基板 220 間に、複数の圧電素子 200 が所定間隔をおいて間欠的に設置されている。

隣接する圧電素子 200 同士の間には、キャビティ 221 が形成されている。キャビティ 221 の図 28 中前方にはプレート（図示せず）、後方にはノズルプレート 222 が設置され、ノズルプレート 222 の各キャビティ 221 に対応する位置には、ノズル（孔）223 が形成されている。

#### 【0120】

各圧電素子 200 の一方の面及び他方の面には、それぞれ、一対の電極 224

が設置されている。すなわち、1つの圧電素子200に対し、4つの電極224が接合されている。これらの電極224のうち所定の電極間に所定の駆動電圧波形を印加することにより、圧電素子200がシエアモード変形して振動し（図28において矢印で示す）、この振動によりキャビティ221の容積（キャビティ内の圧力）が変化し、キャビティ221内に充填されたインク（液体）がノズル223より液滴として吐出する。すなわち、インクジェットヘッド100Bでは、圧電素子200自体が振動板として機能する。

#### 【0121】

図29に示すインクジェットヘッド100Cも前記と同様に、圧電素子200の駆動によりキャビティ233内のインク（液体）がノズル231から吐出するものである。このインクジェットヘッド100Cは、ノズル231が形成されたノズルプレート230と、スペーサ232と、圧電素子200とを備えている。圧電素子200は、ノズルプレート230に対しスペーサ232を介して所定距離間隔して設置されており、ノズルプレート230と圧電素子200とスペーサ232とで囲まれる空間にキャビティ233が形成されている。

#### 【0122】

圧電素子200の図29中上面には、複数の電極が接合されている。すなわち、圧電素子200のほぼ中央部には、第1電極234が接合され、その両側部には、それぞれ第2の電極235が接合されている。第1電極234と第2電極235との間に所定の駆動電圧波形を印加することにより、圧電素子200がシエアモード変形して振動し（図29において矢印で示す）、この振動によりキャビティ233の容積（キャビティ内の圧力）が変化し、キャビティ233内に充填されたインク（液体）がノズル231より液滴として吐出する。すなわち、インクジェットヘッド100Cでは、圧電素子200自体が振動板として機能する。

#### 【0123】

図30に示すインクジェットヘッド100Dも前記と同様に、圧電素子200の駆動によりキャビティ245内のインク（液体）がノズル241から吐出するものである。このインクジェットヘッド100Dは、ノズル241が形成されたノズルプレート240と、キャビティプレート242と、振動板243と、複数

の圧電素子 200 を積層してなる積層圧電素子 201 とを備えている。

#### 【0124】

キャビティプレート 242 は、所定の形状（凹部が形成されるような形状）に成形され、これにより、キャビティ 245 及びリザーバ 246 が形成される。キャビティ 245 とリザーバ 246 とは、インク供給口 247 を介して連通している。また、リザーバ 246 は、インク供給チューブ 311 を介してインクカートリッジ 31 と連通している。

#### 【0125】

積層圧電素子 201 の図 30 中下端は、中間層 244 を介して振動板 243 と接合されている。積層圧電素子 201 には、複数の外部電極 248 及び内部電極 249 が接合されている。すなわち、積層圧電素子 201 の外表面には、外部電極 248 が接合され、積層圧電素子 201 を構成する各圧電素子 200 同士の間（又は各圧電素子の内部）には、内部電極 249 が設置されている。この場合、外部電極 248 と内部電極 249 の一部が、交互に、圧電素子 200 の厚さ方向に重なるように配置される。

#### 【0126】

そして、外部電極 248 と内部電極 249 との間にヘッドドライブ 249 より駆動電圧波形を印加することにより、積層圧電素子 201 が図 30 中の矢印で示すように変形して（図 30 中上下方向に伸縮して）振動し、この振動により振動板 243 が振動する。この振動板 243 の振動によりキャビティ 245 の容積（キャビティ内の圧力）が変化し、キャビティ 245 内に充填されたインク（液体）がノズル 241 より液滴として吐出する。

液滴の吐出によりキャビティ 245 内で減少した液量は、リザーバ 246 からインクが供給されて補給される。また、リザーバ 246 へは、インクカートリッジ 31 からインク供給チューブ 311 を介してインクが供給される。

#### 【0127】

以上のような圧電素子を備えるインクジェットヘッド 100A～100Dにおいても、前述した静電容量方式のインクジェットヘッド 100 と同様にして、振動板又は振動板として機能する圧電素子の残留振動に基づき、液滴吐出の異常を

検出しあるいはその異常の原因を特定することができる。なお、インクジェットヘッド100B及び100Cにおいては、キャビティに面した位置にセンサとしての振動板（残留振動検出用の振動板）を設け、この振動板の残留振動を検出するような構成とすることもできる。

#### 【0128】

以上のように、本発明の液滴吐出装置、及び、液滴吐出ヘッドの吐出異常検出・判定方法は、静電アクチュエータ又は圧電アクチュエータの駆動により、液滴吐出ヘッドから液体を液滴として吐出する動作を行った際に、このアクチュエータによって変位させられた振動板の残留振動を検出し、その振動板の残留振動に基づいて、液滴が正常に吐出されたか、あるいは吐出されなかったか（吐出異常）を検出することとした。

また、本発明は、上記振動板の残留振動の振動パターン（例えば、残留振動波形の周期など）に基づいて、このようにして得られた液滴の吐出異常の原因を判定することとした。

#### 【0129】

したがって、本発明によって、従来のドット抜け検出方法を備える液滴吐出装置に比べ、他の部品（例えば、光学式のドット抜け検出装置など）を必要としないので、液滴吐出ヘッドのサイズを大きくすることなく液滴の吐出異常を検出することができるとともに、製造コストを低く抑えることができる。また、本発明の液滴吐出ヘッドでは、液滴吐出動作後の振動板の残留振動を用いて液滴の吐出異常を検出しているので、印字動作の途中でも液滴の吐出異常を検出することができる。

また、本発明によって、光学式検出装置など従来のドット抜け検出を行うことができる装置では判定不可能である液滴の吐出異常の原因を判定することができ、それによって、必要に応じ、その原因に対し適切な回復処理を選択し、実行することができる。

#### 【0130】

以上、本発明の液滴吐出装置、及び、液滴吐出ヘッドの吐出異常検出・判定方法を図示の各実施形態に基づいて説明したが、本発明は、これに限定されるもの

ではなく、液滴吐出ヘッドあるいは液滴吐出装置を構成する各部は、同様の機能を発揮し得る任意の構成のものと置換することができる。また、本発明の液滴吐出ヘッドあるいは液滴吐出装置に、他の任意の構成物が付加されていてもよい。

### 【0131】

なお、本発明の液滴吐出装置の液滴吐出ヘッド（上述の実施形態では、インクジェットヘッド100）から吐出する吐出対象液（液滴）としては、特に限定されず、例えば以下のような各種の材料を含む液体（サスペンション、エマルション等の分散液を含む）とすることができる。すなわち、カラーフィルタのフィルタ材料を含むインク、有機EL（Electro Luminescence）装置におけるEL発光層を形成するための発光材料、電子放出装置における電極上に蛍光体を形成するための蛍光材料、PDP（Plasma Display Panel）装置における蛍光体を形成するための蛍光材料、電気泳動表示装置における泳動体を形成する泳動体材料、基板Wの表面にバンクを形成するためのバンク材料、各種コーティング材料、電極を形成するための液状電極材料、2枚の基板間に微小なセルギャップを構成するためのスペーサを構成する粒子材料、金属配線を形成するための液状金属材料、マイクロレンズを形成するためのレンズ材料、レジスト材料、光拡散体を形成するための光拡散材料などである。

また、本発明では、液滴を吐出する対象となる液滴受容物は、記録用紙のような紙に限らず、フィルム、織布、不織布等の他のメディアや、ガラス基板、シリコン基板等の各種基板のようなワークであってもよい。

### 【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の液滴吐出装置の一種であるインクジェットプリンタの構成を示す概略図である。

【図2】 本発明のインクジェットプリンタの主要部を概略的に示すブロック図である。

【図3】 図1に示すインクジェットヘッドの概略的な断面図である。

【図4】 図1に示す1色のインクに対応するヘッドユニット35の構成を示す分解斜視図である。

【図5】 4色インクを用いるヘッドユニットのノズルプレートのノズル配

置パターンの一例である。

【図 6】 図 3 の III-III 断面の駆動信号入力時の各状態を示す状態図である。

【図 7】 図 3 の振動板の残留振動を想定した単振動の計算モデルを示す回路図である。

【図 8】 図 3 の振動板の残留振動の実験値と計算値との関係を示すグラフである。

【図 9】 図 3 のキャビティ内に気泡が混入した場合のノズル付近の概念図である。

【図 10】 キャビティへの気泡混入によりインク滴が吐出しなくなった状態における残留振動の計算値及び実験値を示すグラフである。

【図 11】 図 3 のノズル付近のインクが乾燥により固着した場合のノズル付近の概念図である。

【図 12】 ノズル付近のインクの乾燥増粘状態における残留振動の計算値及び実験値を示すグラフである。

【図 13】 図 3 のノズル出口付近に紙粉が付着した場合のノズル付近の概念図である。

【図 14】 ノズル出口に紙粉が付着した状態における残留振動の計算値及び実験値を示すグラフである。

【図 15】 ノズル付近に紙粉が付着した前後におけるノズルの状態を示す写真である。

【図 16】 図 3 に示す吐出異常検出手段の概略的なブロック図である。

【図 17】 図 3 の静電アクチュエータを平行平板コンデンサとした場合の概念図である。

【図 18】 図 3 の静電アクチュエータから構成されるコンデンサを含む発振回路の回路図である。

【図 19】 図 16 に示す吐出異常検出手段の F/V 変換回路の回路図である。

【図 20】 本発明の発振回路から出力する発振周波数に基づく各部の出力

信号などのタイミングを示すタイミングチャートである。

【図 2 1】 固定時間  $t_r$  及び  $t_1$  の設定方法を説明するための図である。

【図 2 2】 図 1 6 の波形整形回路の回路構成を示す回路図である。

【図 2 3】 駆動回路と検出回路との切替手段の概略を示すブロック図である。

【図 2 4】 本発明の吐出異常検出・判定処理を示すフローチャートである。

【図 2 5】 本発明の残留振動検出処理を示すフローチャートである。

【図 2 6】 本発明の吐出異常判定処理を示すフローチャートである。

【図 2 7】 本発明におけるインクジェットヘッドの他の構成例の概略を示す断面図である。

【図 2 8】 本発明におけるインクジェットヘッドの他の構成例の概略を示す断面図である。

【図 2 9】 本発明におけるインクジェットヘッドの他の構成例の概略を示す断面図である。

【図 3 0】 本発明におけるインクジェットヘッドの他の構成例の概略を示す断面図である。

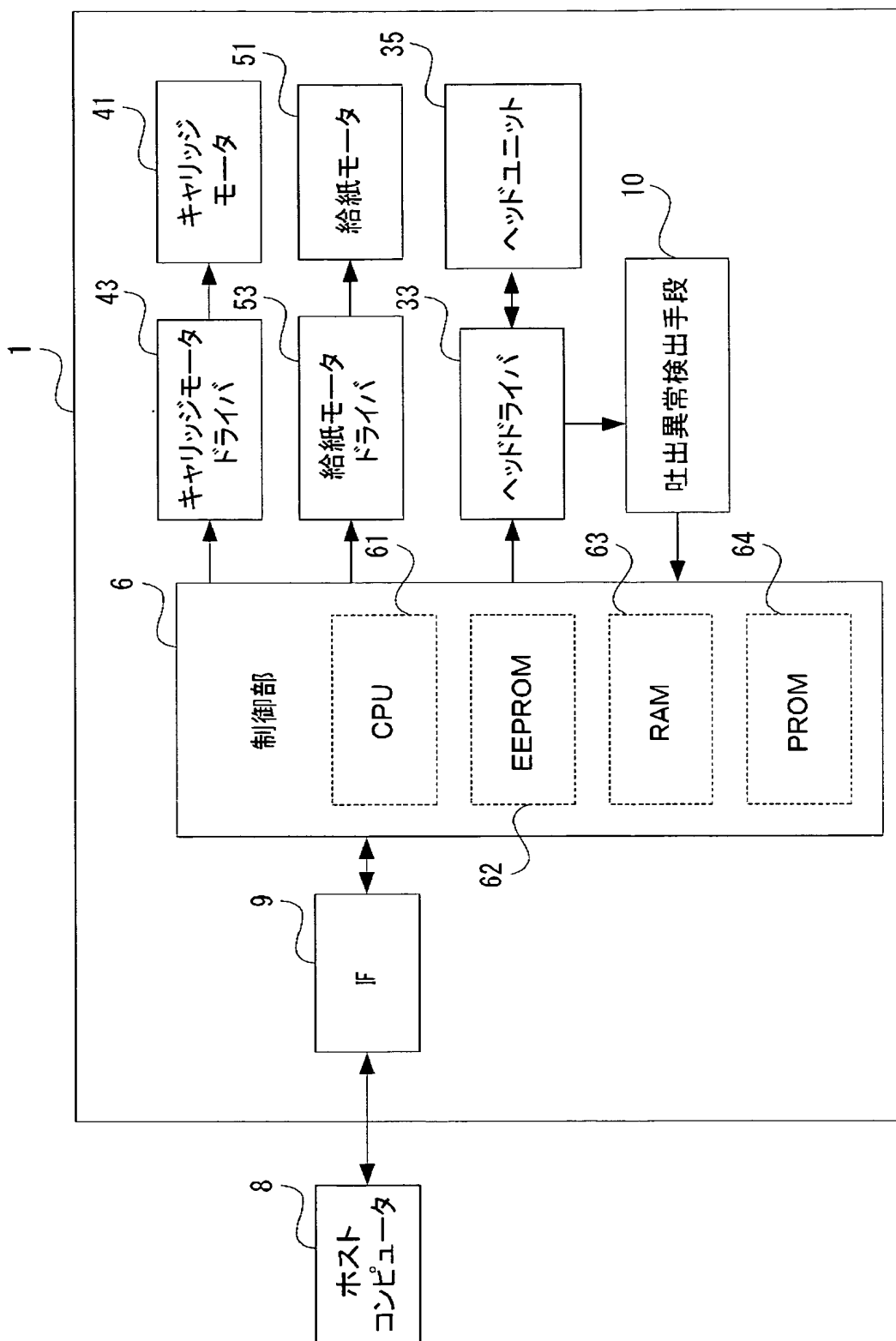
#### 【符号の説明】

1……インクジェットプリンタ 2……装置本体 21……トレイ 22……  
排紙口 3……印字手段（移動体） 31……インクカートリッジ 311……  
インク供給チューブ 32……キャリッジ 33……ヘッドドライバ 35……  
ヘッドユニット 4……印刷装置 41……キャリッジモータ 42……往復動  
機構 421……タイミングベルト 422……キャリッジガイド軸 43……  
キャリッジモータドライバ 5……給紙装置 51……給紙モータ 52……給  
紙ローラ 52a……従動ローラ 52b……駆動ローラ 53……給紙モータ  
ドライバ 6……制御部 61……CPU 62……EEPROM（記憶手段）  
63……RAM 64……PROM 7……操作パネル 8……ホストコンピ  
ュータ 9……IF 10……吐出異常検出手段 11……発振回路 111…  
…シュミットトリガインバータ 112……抵抗素子 12……F/V変換回路

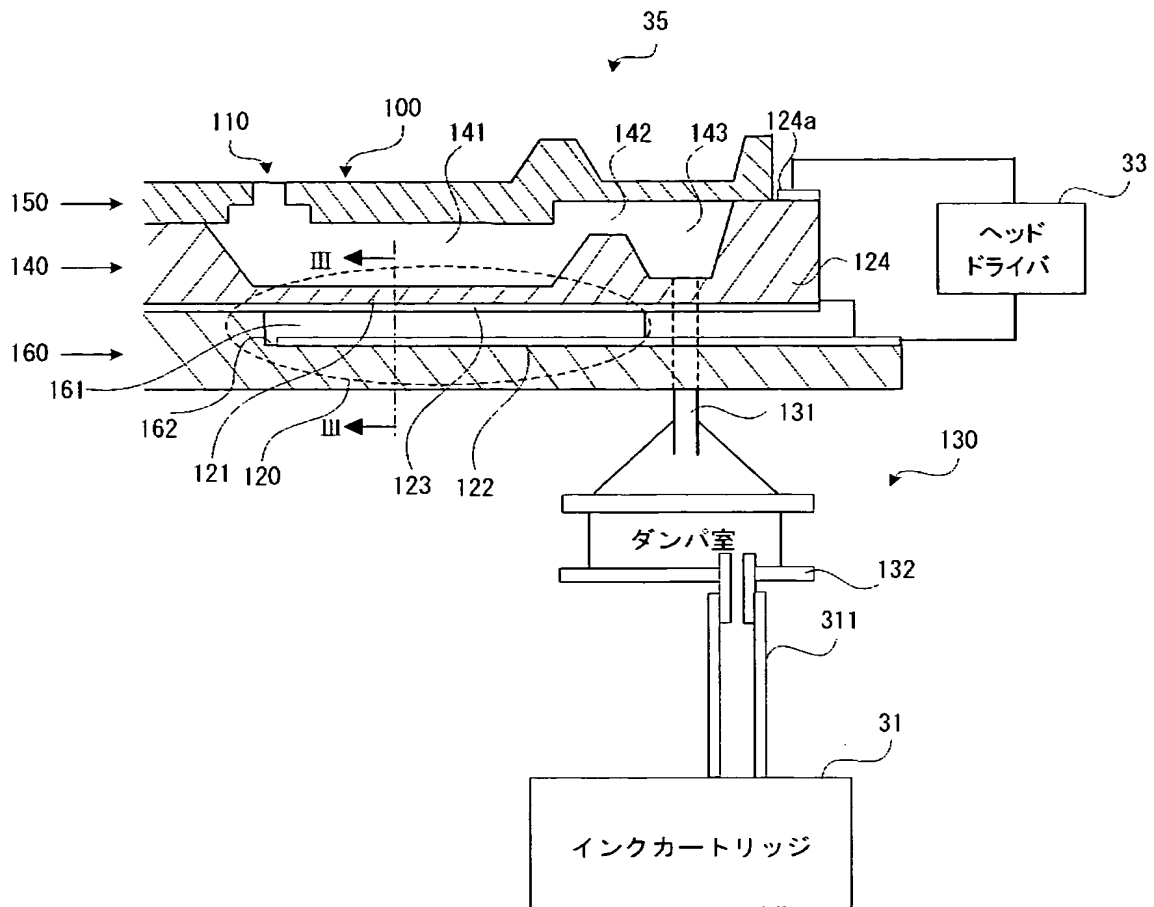
13……定電流源 14……バッファ 15……波形整形回路 151……増幅器（オペアンプ） 152……比較器（コンパレータ） 16……残留振動検出手段 17……計測手段 18……駆動回路 20……判定手段 100、100A～100D……インクジェットヘッド 110……ノズル 120……静電アクチュエータ 121……振動板（底壁） 122……セグメント電極 123……絶縁層 124……共通電極 124a……入力端子 130……ダンパ室 131……インク取入れ口 132……ダンパ 140……シリコン基板 141……キャビティ 142……インク供給口 143……リザーバ 144……側壁 150……ノズルプレート 160……ガラス基板 161……凹部 162……対向壁 170……基体 200……圧電素子 201……積層圧電素子 202、222、230、240……ノズルプレート 203、223、231、241……ノズル 204……金属プレート 205……接着フィルム 206……連通口形成プレート 207、242……キャビティプレート 208、221、233、245……キャビティ 209、246……リザーバ 210、247……インク供給口 211……インク取り入れ口 212、243……振動板 213……下部電極 214……上部電極 215、249……ヘッドドライブ 220……基板 224……電極 232……スペーサ 234……第1電極 235……第2電極 248……外部電極 249……内部電極 P……記録用紙 S101～S109、S201～S205、S301～S310……ステップ



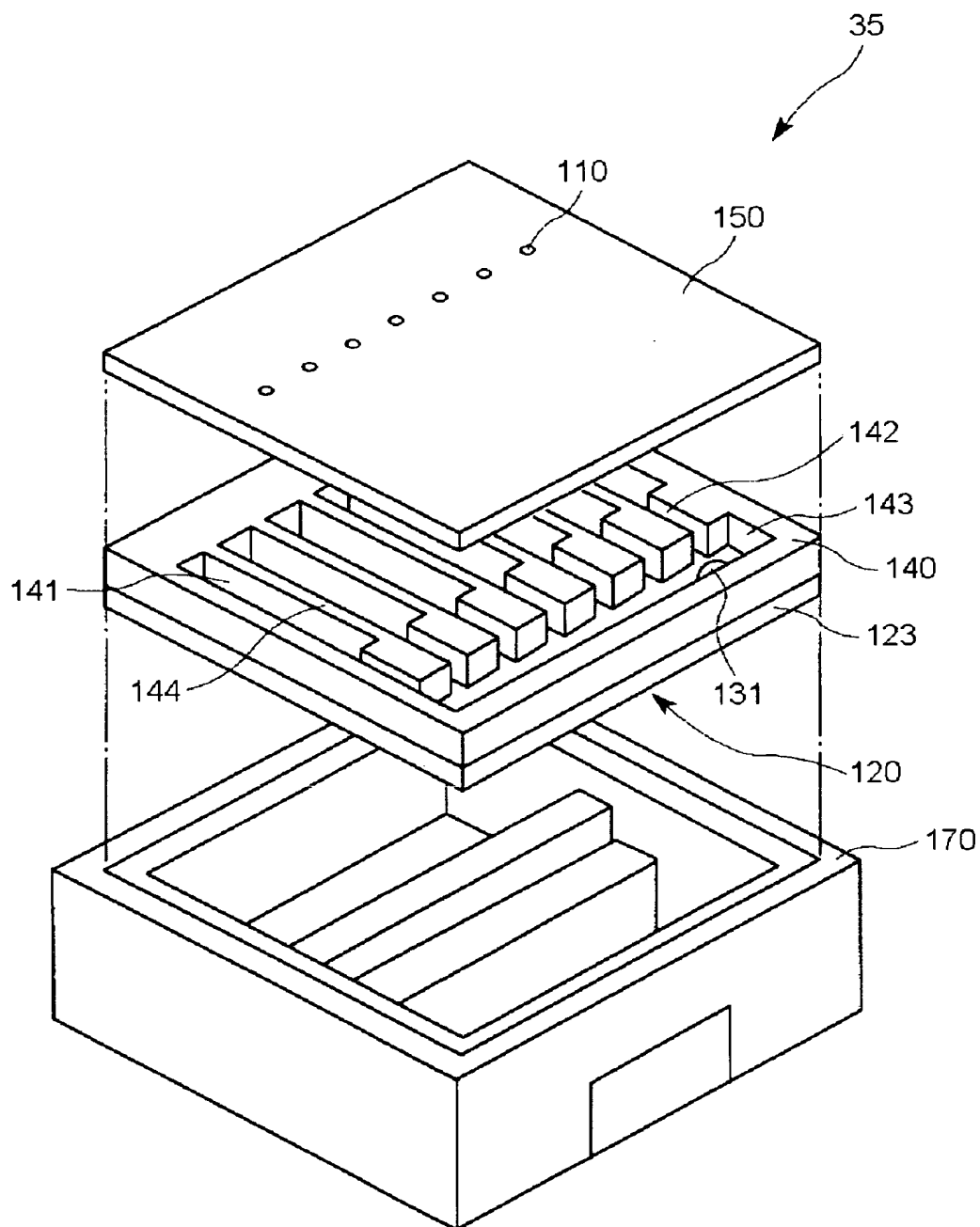
【図 2】



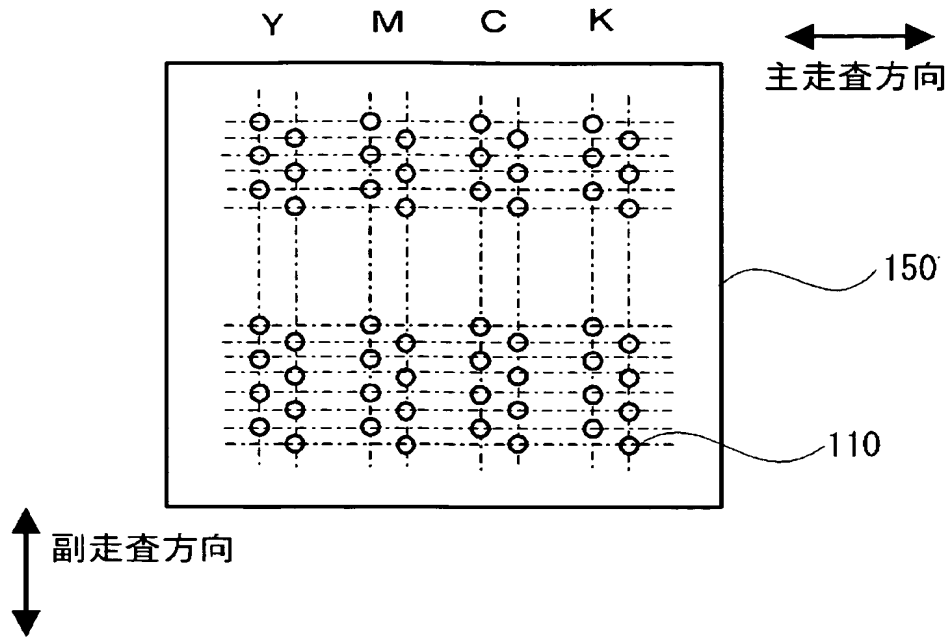
【図 3】



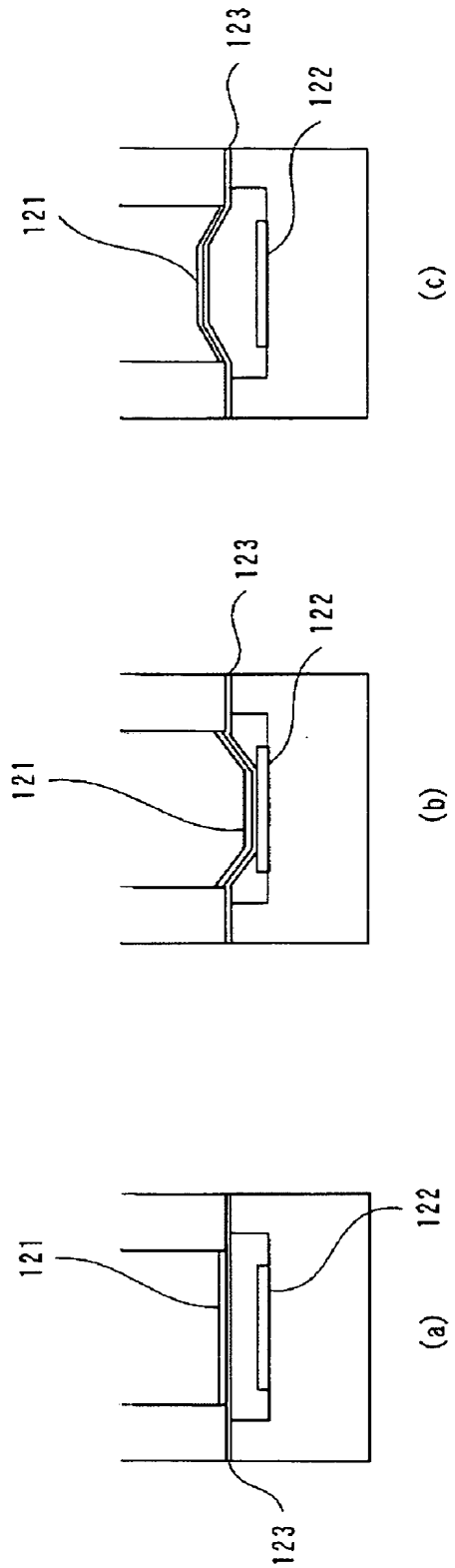
【図 4】



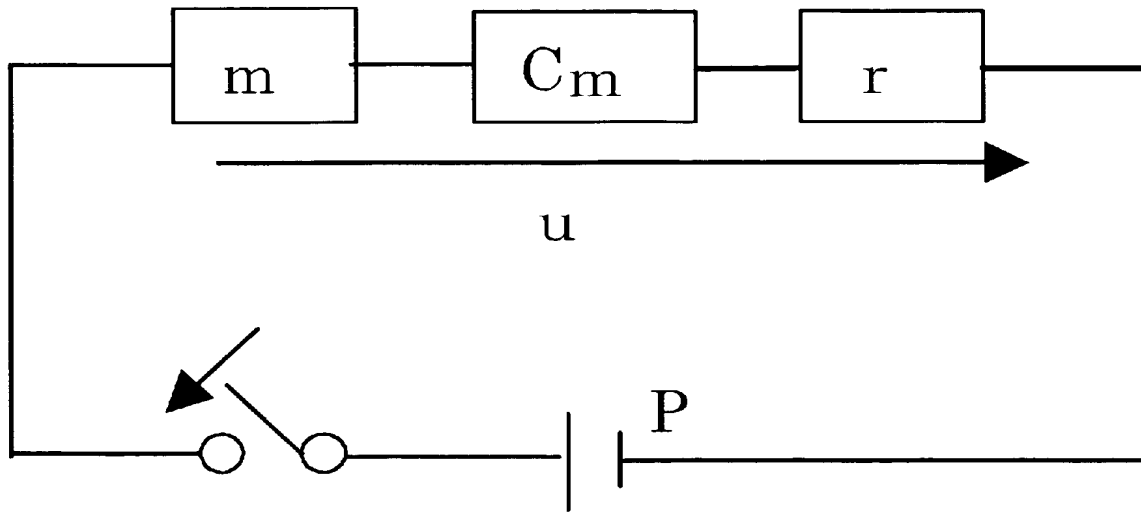
【図 5】



【図 6】

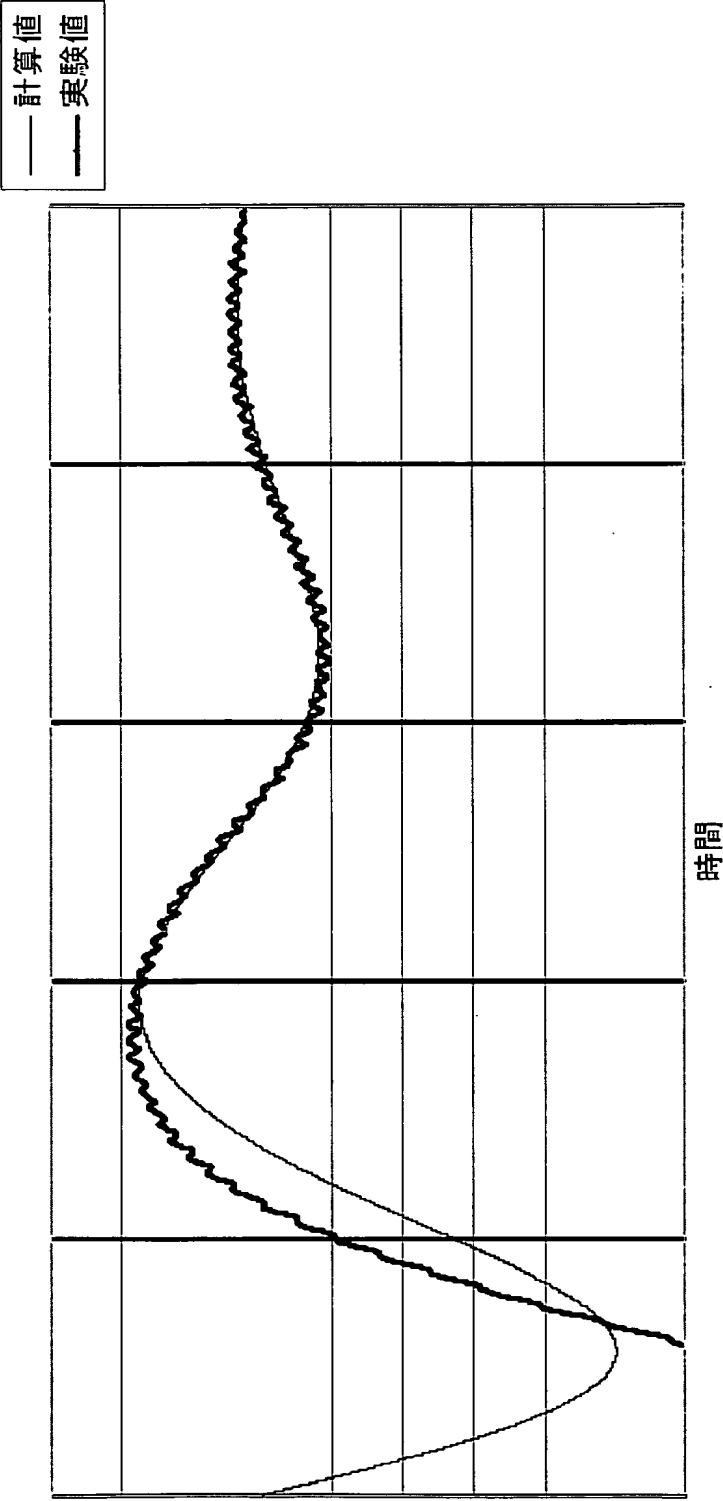


【図 7】

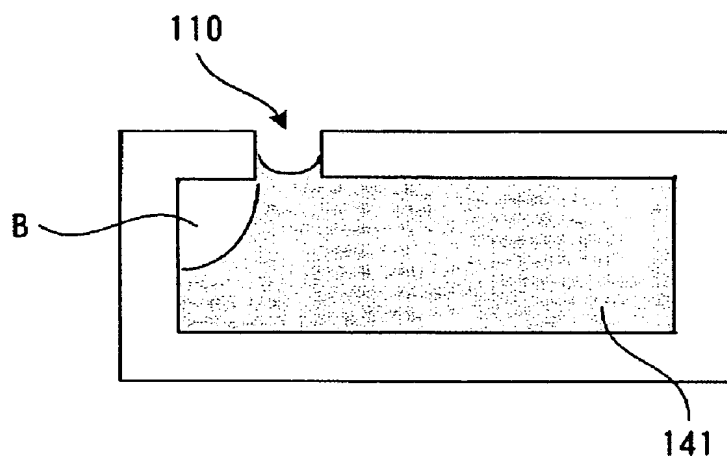


【図 8】

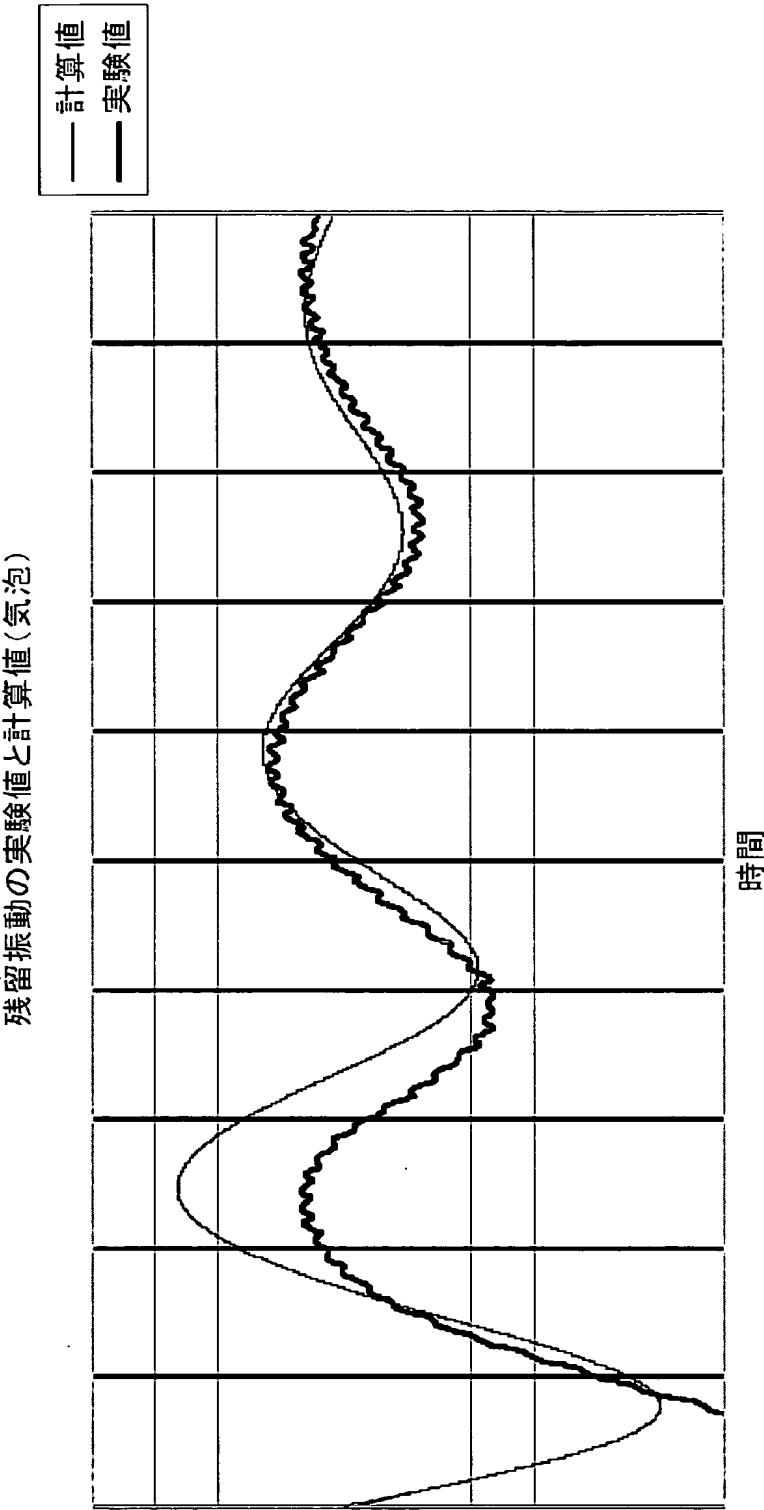
残留振動の実験値と計算値(正常時)



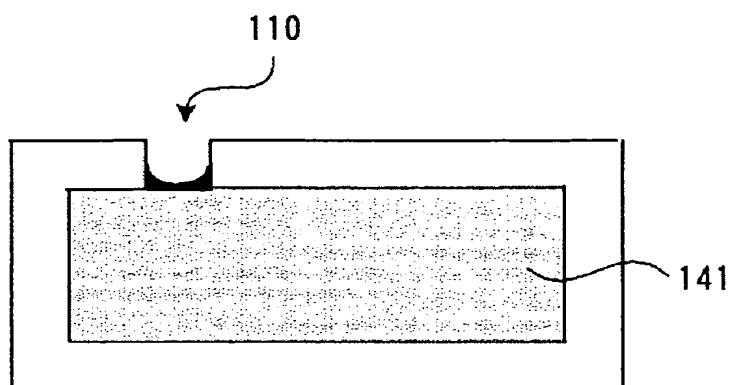
【図 9】



【図 1 0】

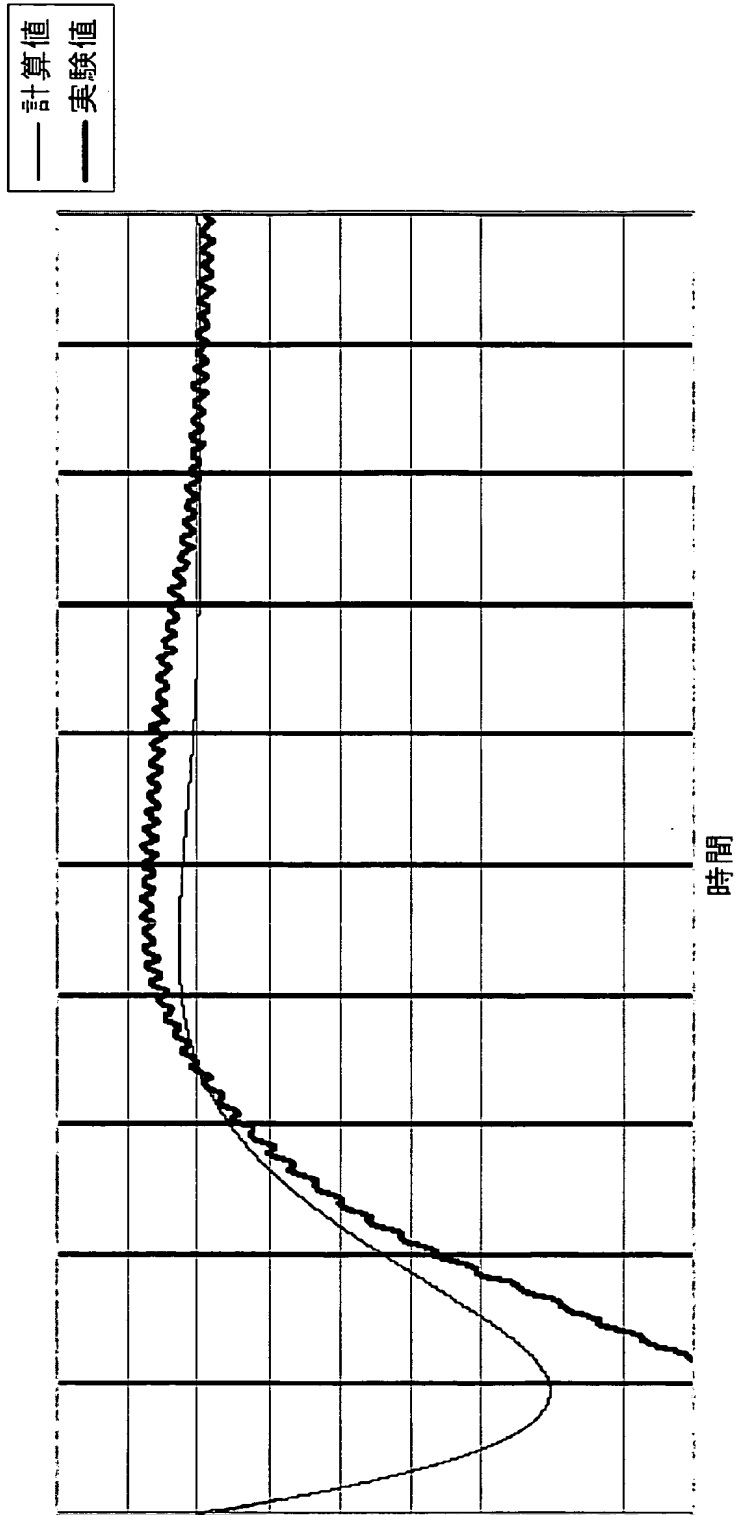


【図 11】

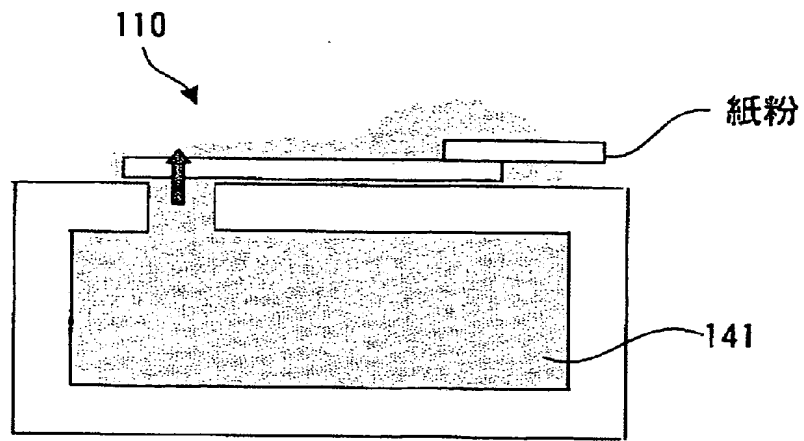


【図 1 2】

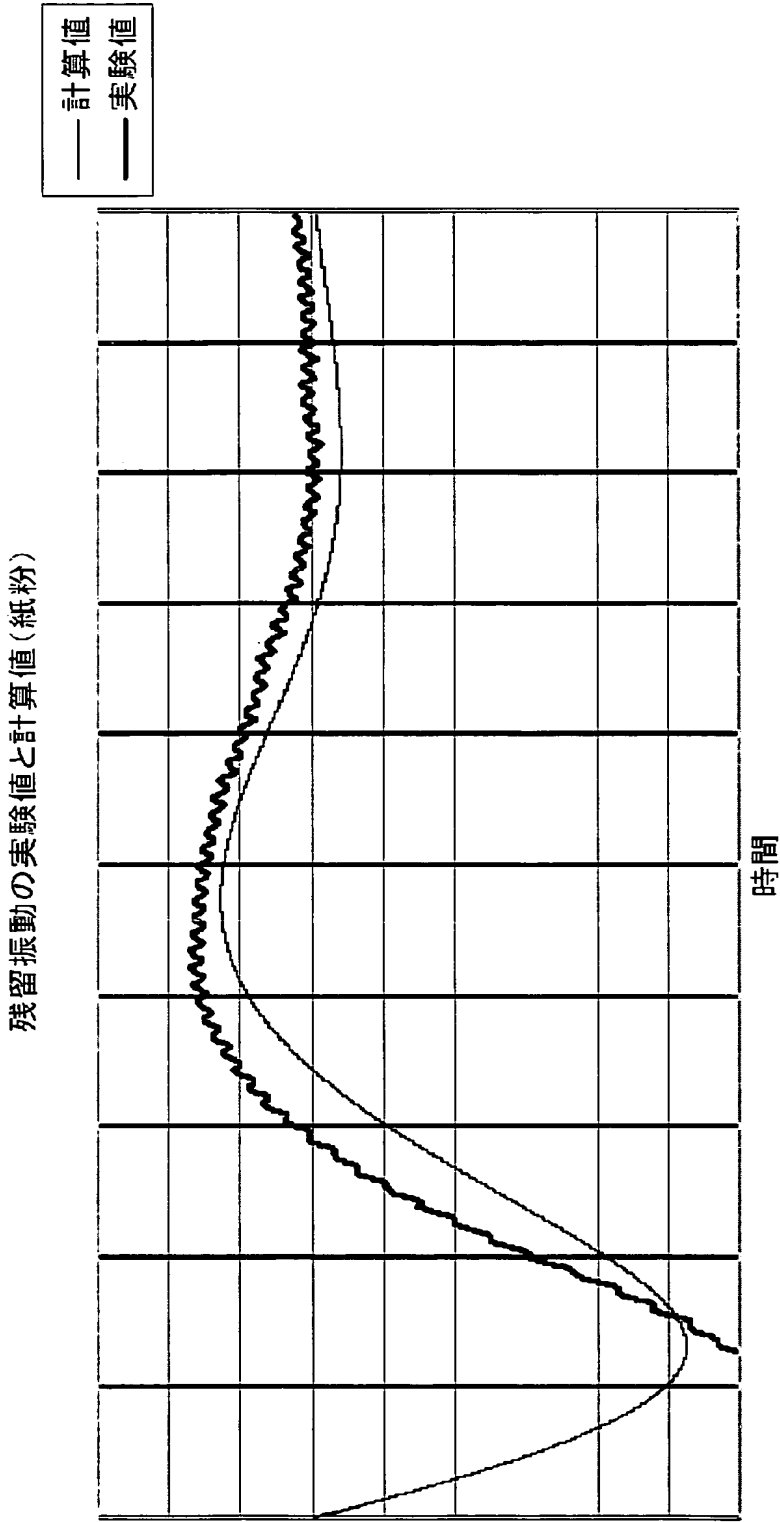
残留振動の実験値と計算値（乾燥）



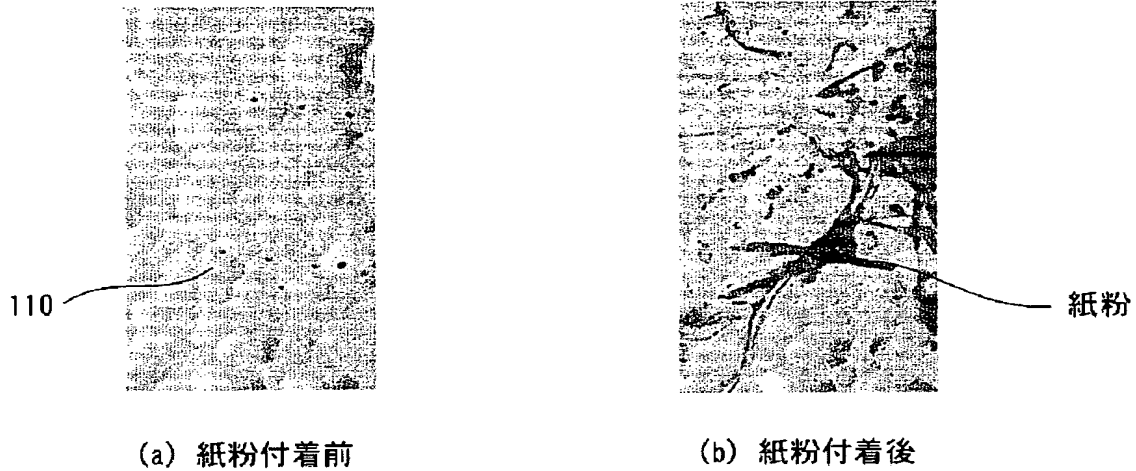
【図 13】



【図 1 4】

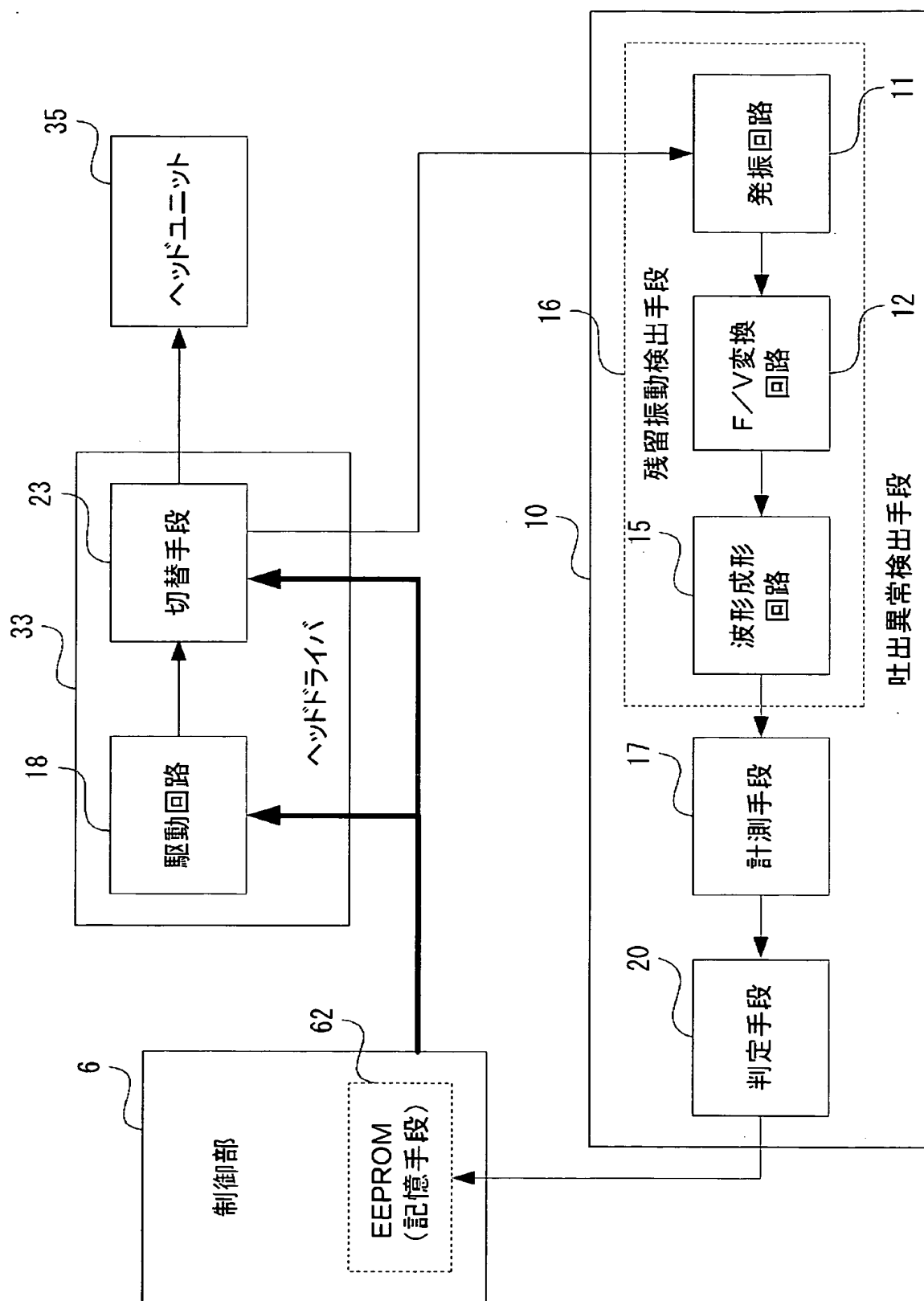


【図 15】

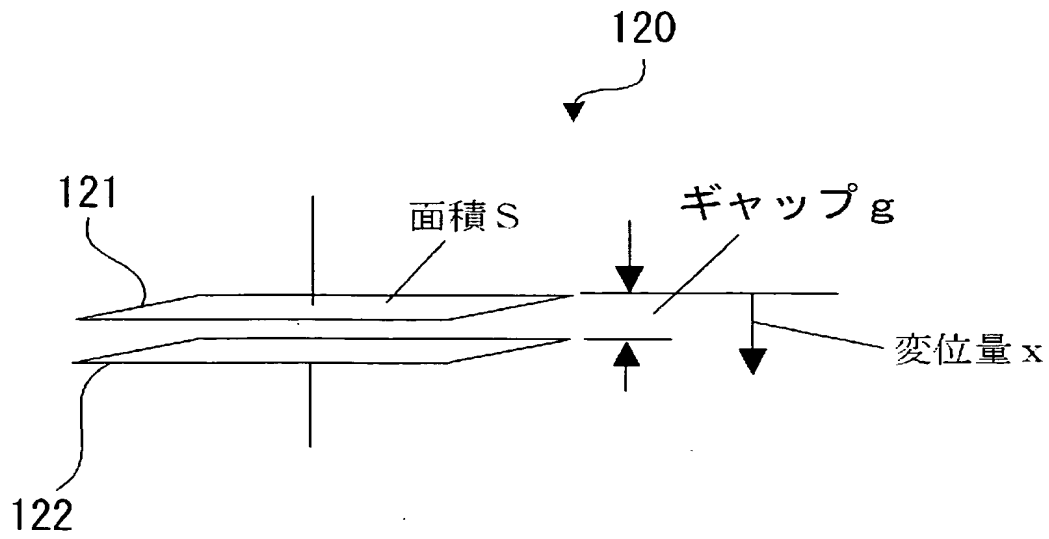


BEST AVAILABLE COPY

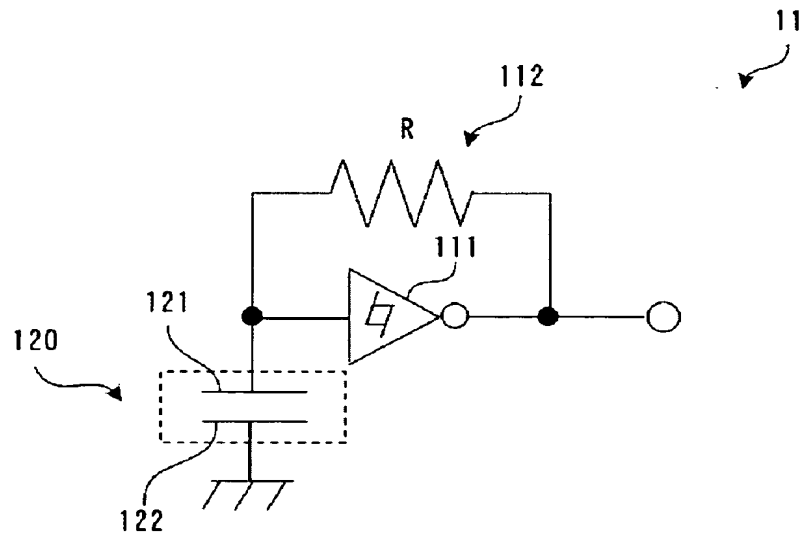
【図 16】



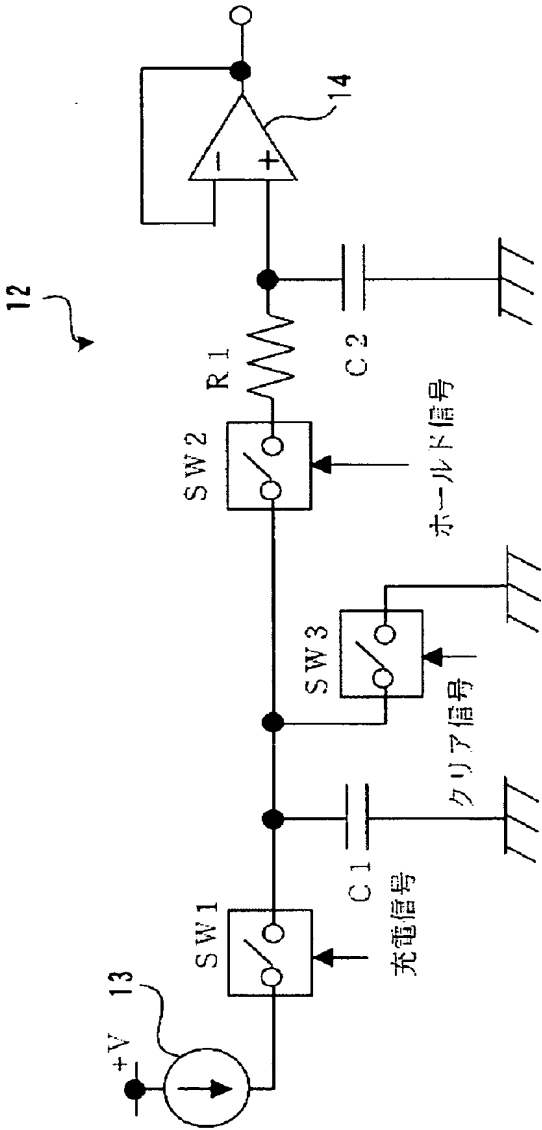
【図 17】



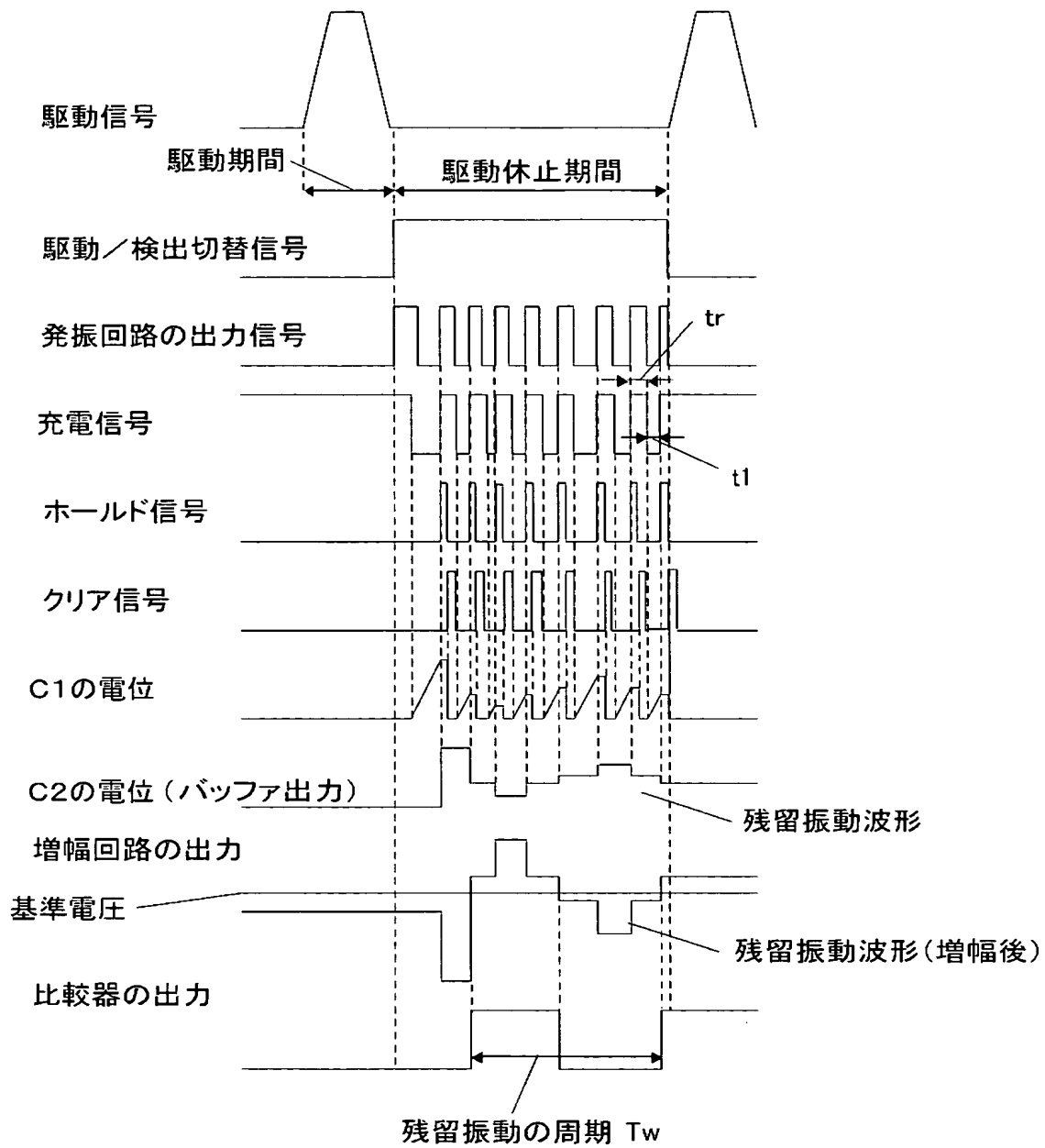
【図 18】



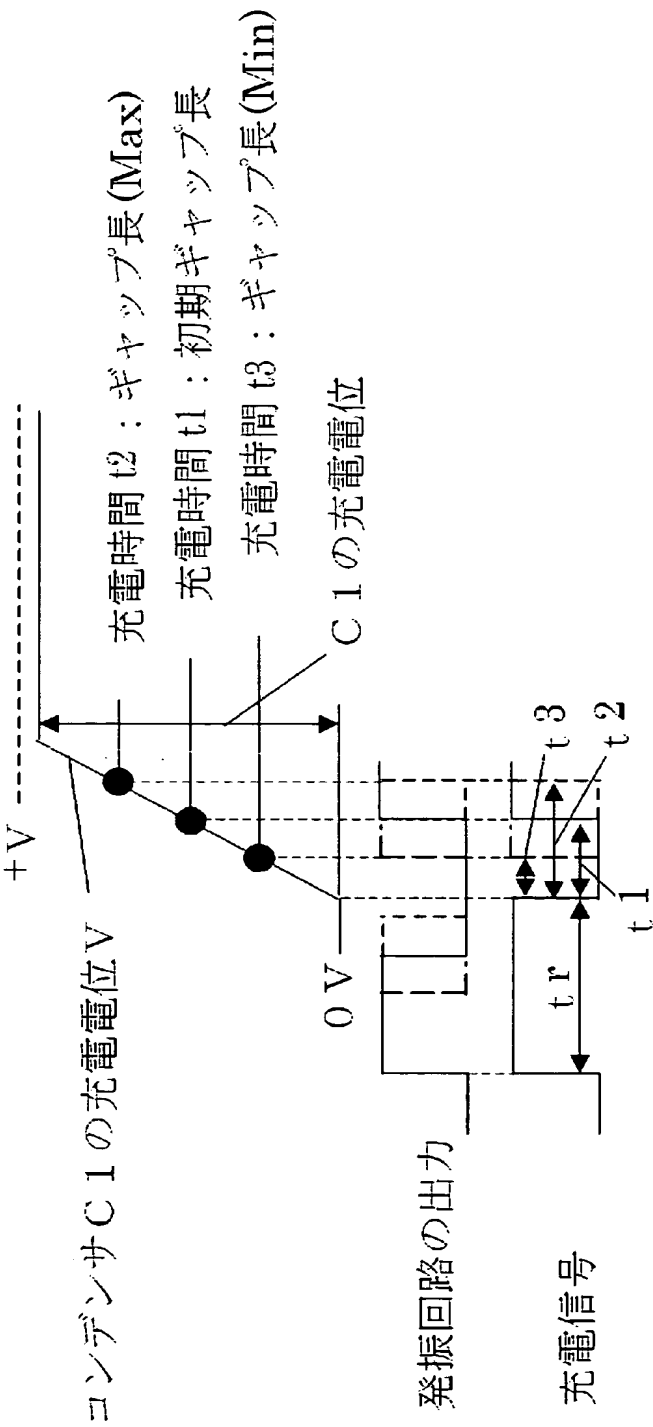
【図 19】



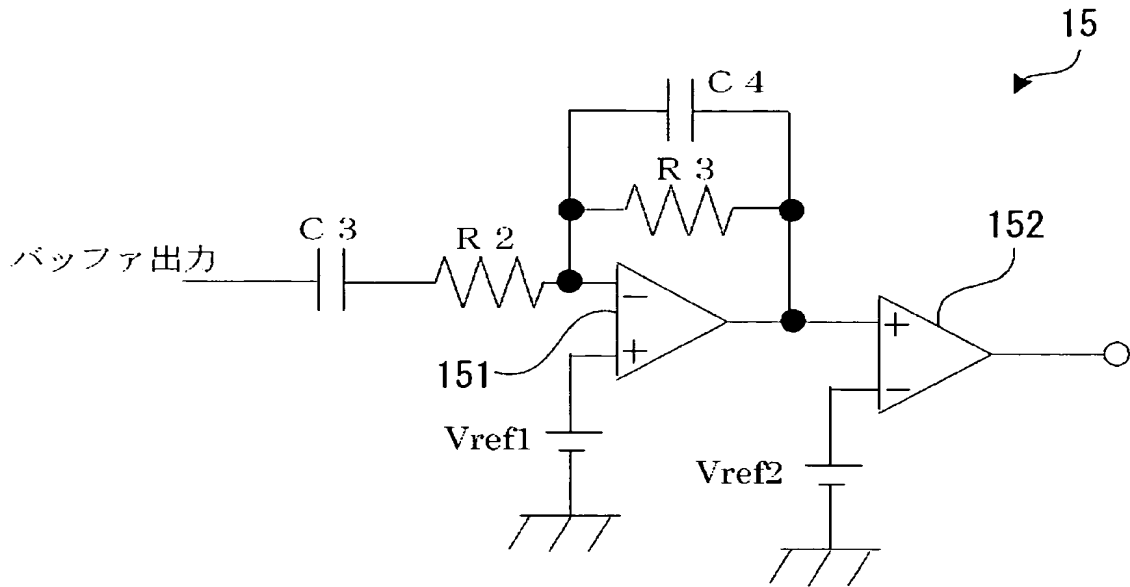
【図 20】



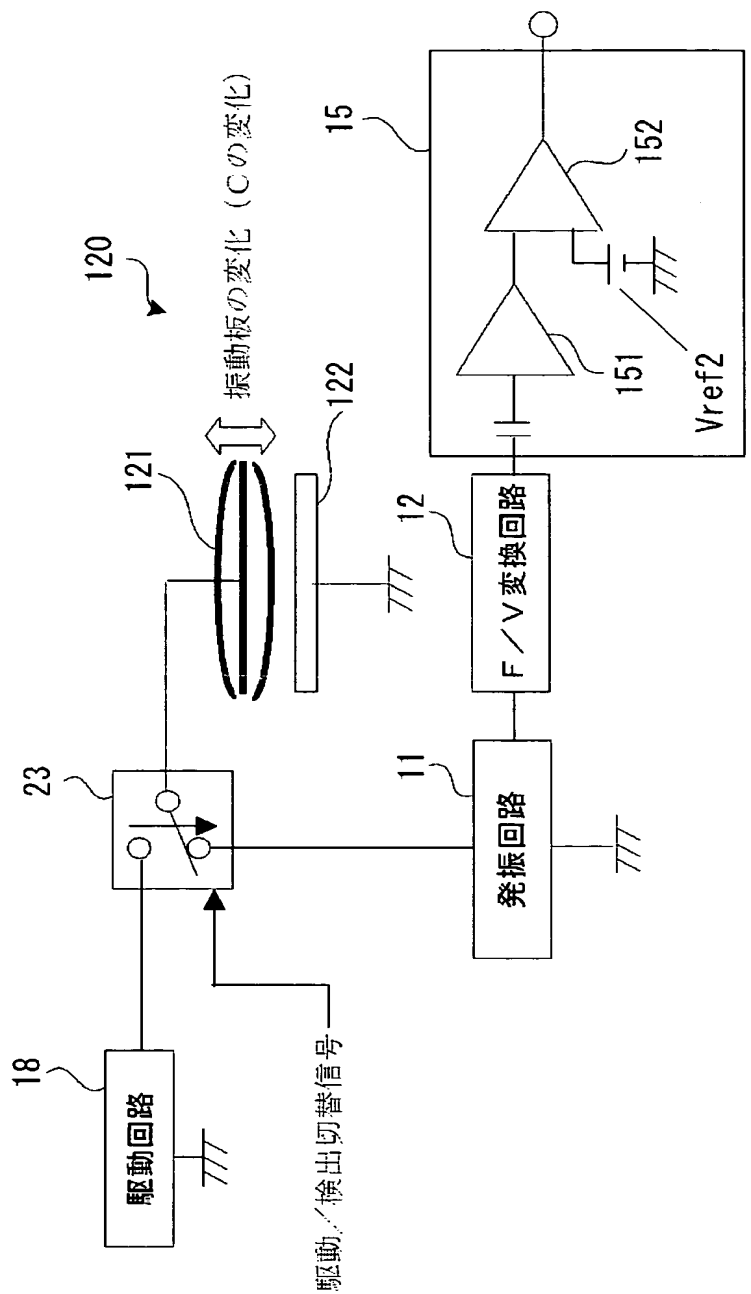
【図 21】



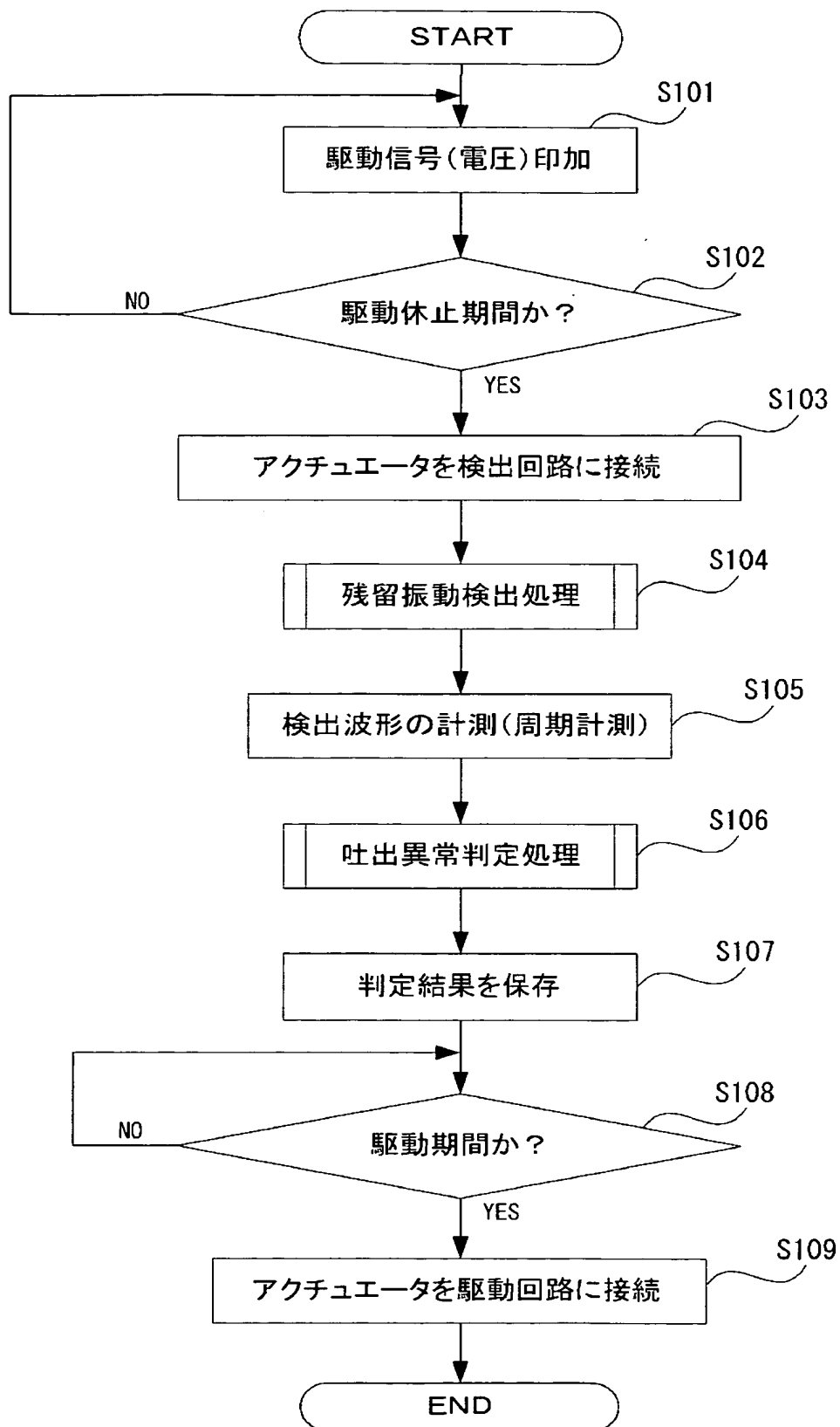
【図 22】



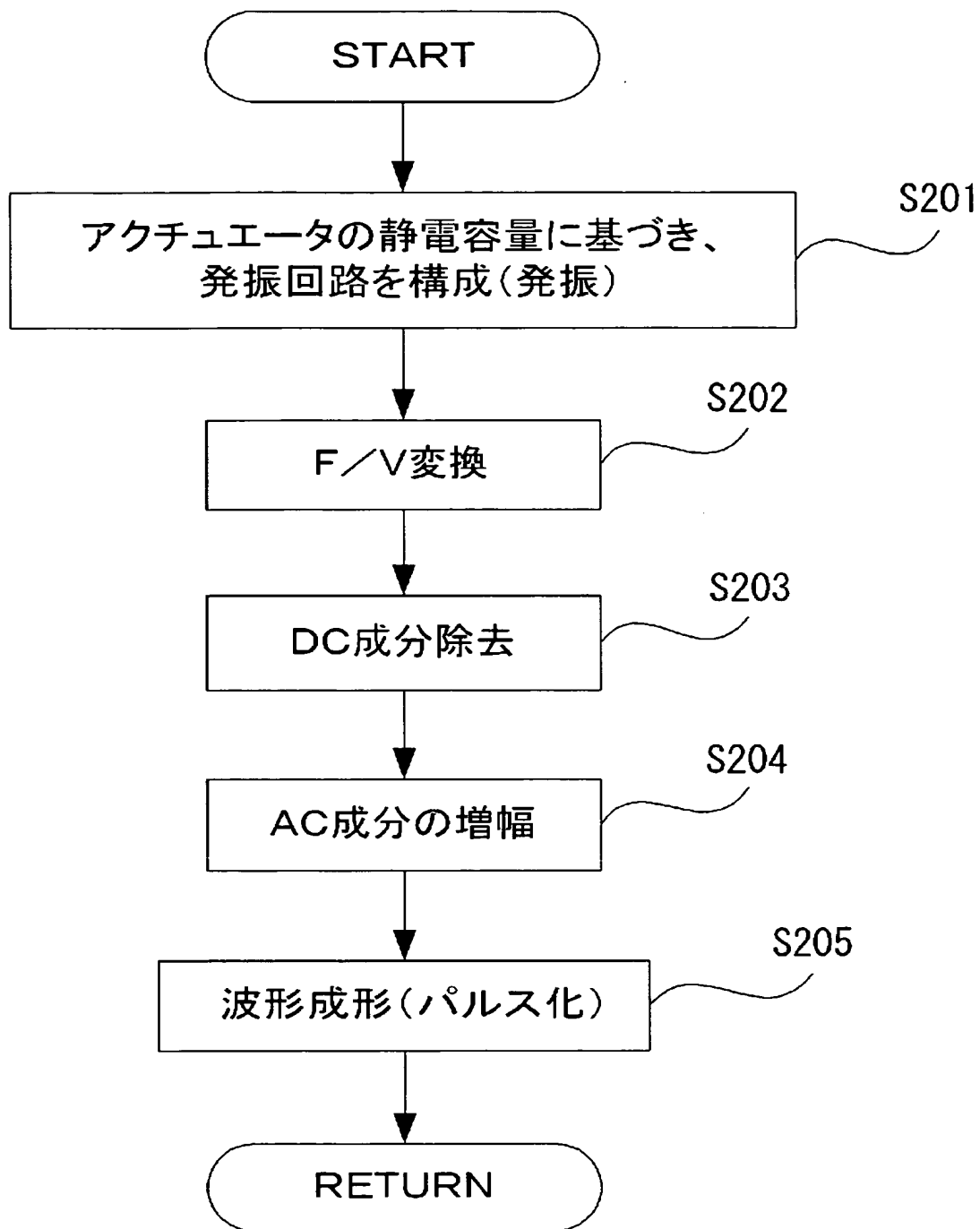
【図 23】



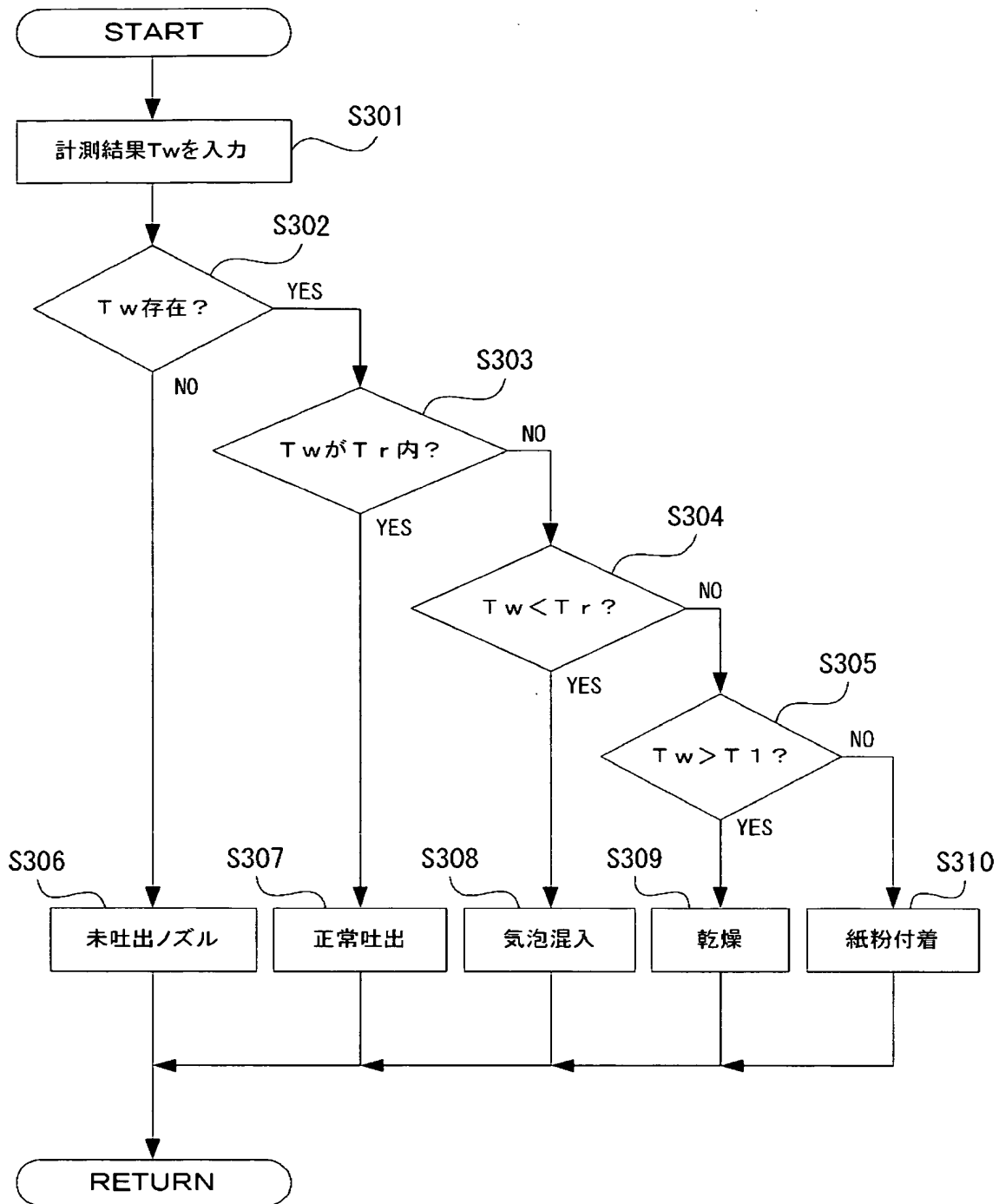
【図 24】



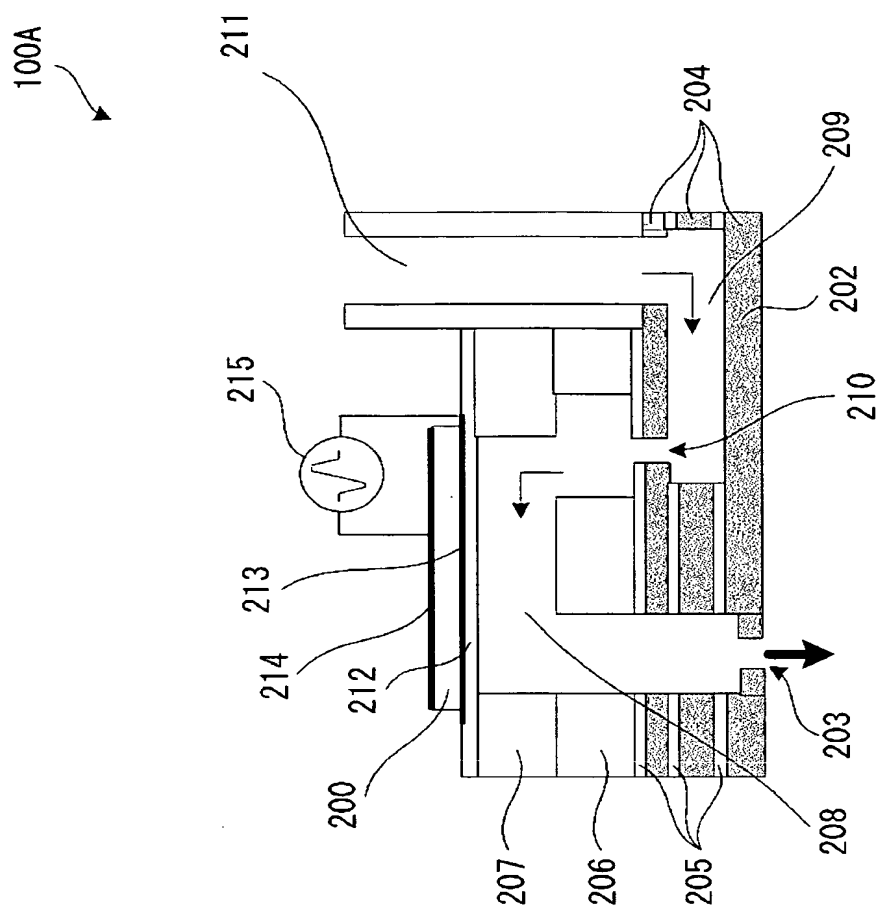
【図 25】



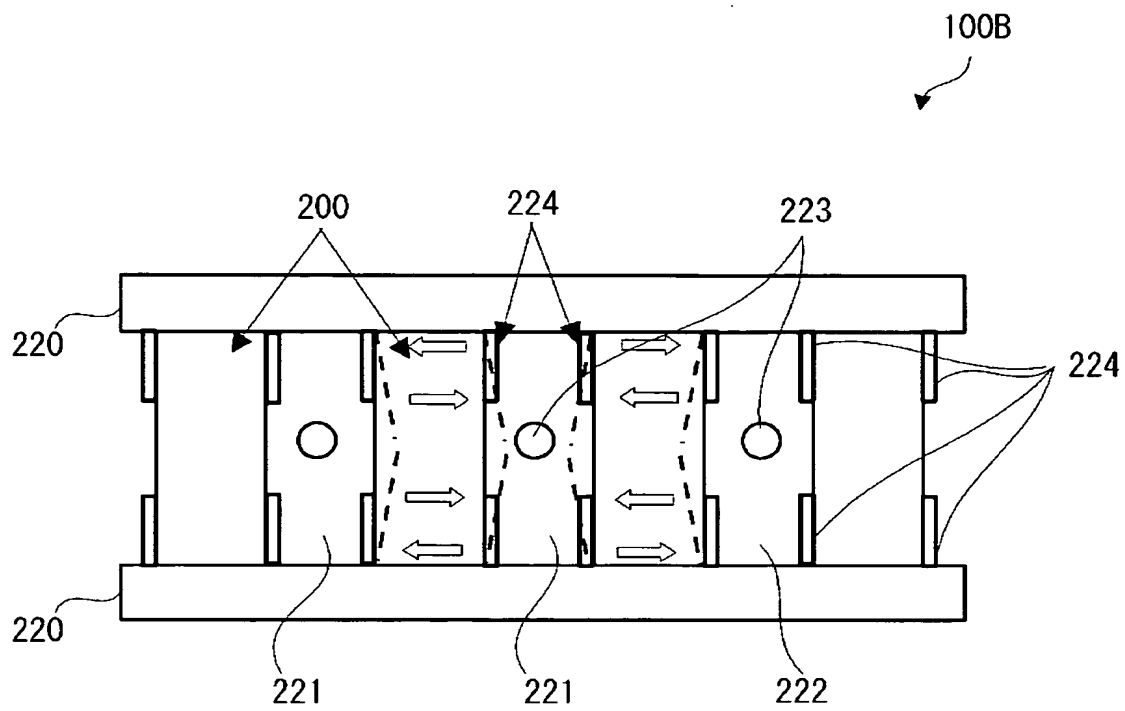
【図 26】



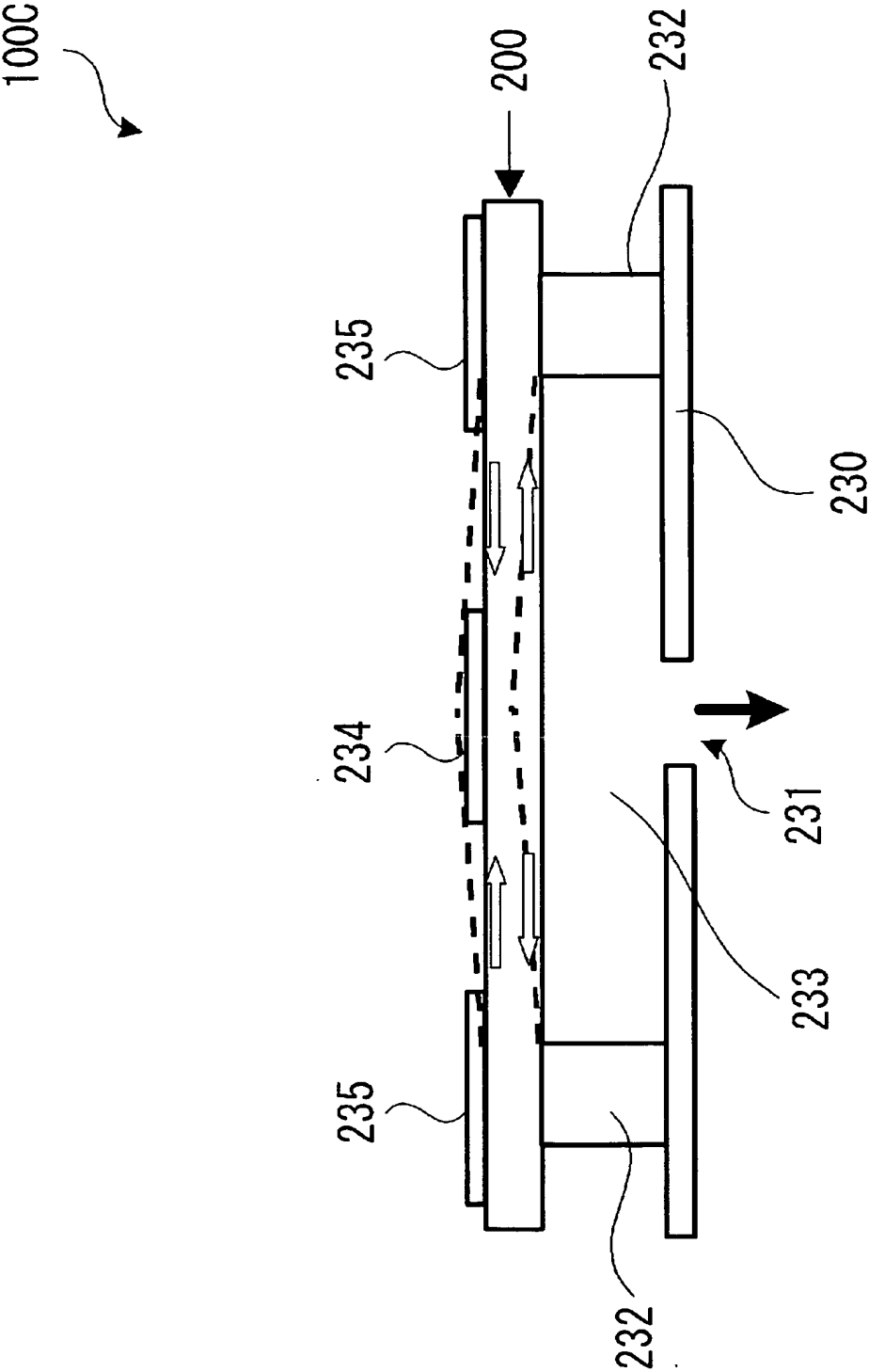
【图 2 7】



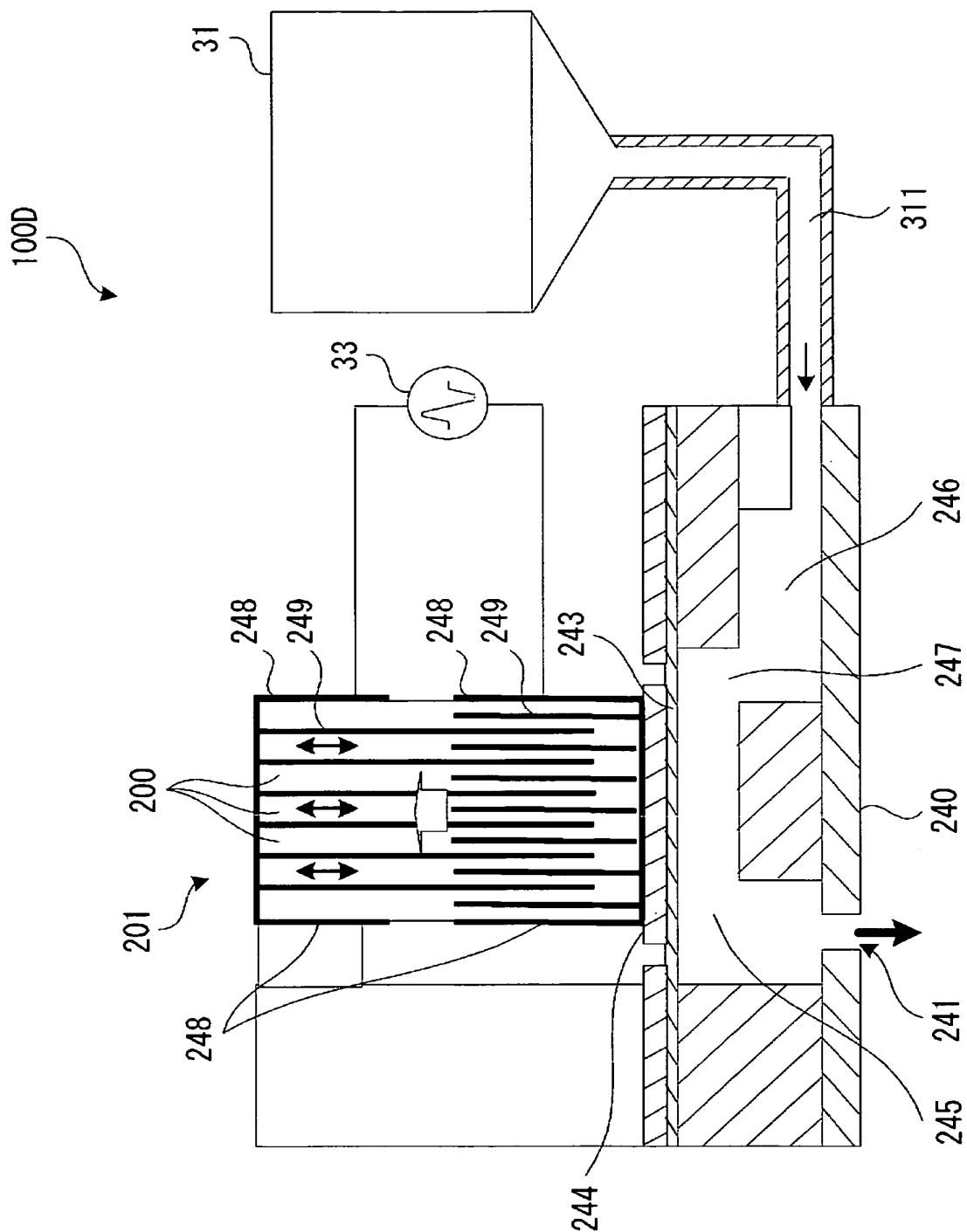
【図 28】



【図 29】



【図 30】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 液滴吐出動作後におけるアクチュエータの静電容量の変化により振動板の残留振動の周期を測定することより、吐出異常の検出及びその原因判定が可能な液滴吐出装置及び吐出異常検出・判定方法を提供する。

【解決手段】 本発明の液滴吐出装置は、振動板 1 2 1 と、この振動板 1 2 1 を変位させる静電アクチュエータ 1 2 0 と、内部に液体が充填され、振動板 1 2 1 の変位により、該内部の圧力が増減されるキャビティ 1 4 1 と、キャビティ 1 4 1 に連通し、キャビティ 1 4 1 内の圧力の増減により液体を液滴として吐出するノズル 1 1 0 とを有する液滴吐出ヘッド 1 0 0 と、静電アクチュエータ 1 2 0 を駆動する駆動回路と、振動板 1 2 1 の残留振動を検出する残留振動検出手段と、残留振動検出手段によって検出された振動板 1 2 1 の残留振動に基づいて、液滴の吐出の異常を検出する吐出異常検出手段とを備える。

【選択図】 図 3

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2 0 0 3 - 0 5 5 0 2 0
受付番号	5 0 3 0 0 3 3 7 1 2 3
書類名	特許願
担当官	第二担当上席 0 0 9 1
作成日	平成 1 5 年 3 月 3 日

< 認定情報・付加情報 >

【提出日】 平成15年 2月28日

次頁無

特願 2 0 0 3 - 0 5 5 0 2 0

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[ 0 0 0 0 0 2 3 6 9 ]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 2 0 日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都新宿区西新宿 2 丁目 4 番 1 号

氏 名

セイコーエプソン株式会社